

Lith.

170

α

Lith.
170⁹

Journel. T.

1

Die
Metamorphose der Gesteine
nachgewiesen

in den

westlichen Alpen

von

J. Fournet.

Aus dem Französischen übersetzt

von

W. Vogelgesang.

Mit einem Vorwort

von

B. Cotta,

Dr. ph. und Prof. der Geognosie in Freiberg.

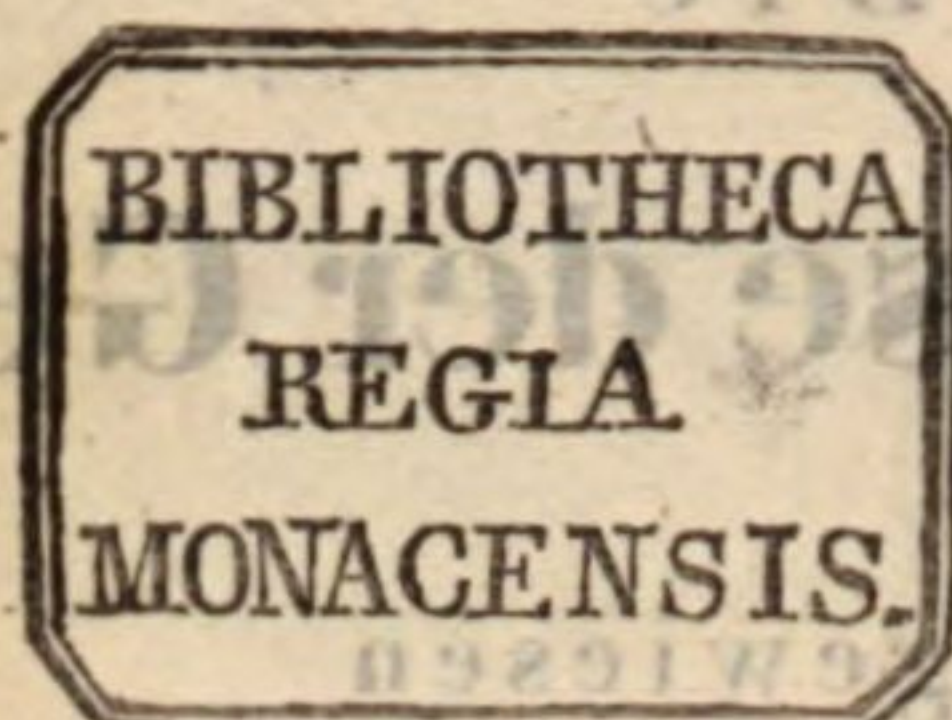
Mit einer lithogr. Tafel und einem Holzschnitt.

Freiberg,

Verlag von J. G. Engelhardt.

1847.

145. H.



Die genaue Unterscheidung der Charaktere der durch vulkanische Einflüsse veränderten Gesteine ist gewiss einer der interessanten Gegenstände auf dem Gebiete der Geologie, und ich wünschte, Ihnen von einem ausführlichen Werke hierüber einen Auszug geben zu können. Wenn aber auch die Untersuchungen hierüber bis jetzt noch nicht als geschlossen zu betrachten sind, so liefern doch Ihre Arbeiten den Beweis, dass sich das Material dazu immer mehr häuft.

(*Boblaye*, Bericht über die Arbeiten der französischen geologischen Gesellschaft, 1833.)

Aus dem Französischen übersetzt

von

W. Nögelgang.

Mit einem Vorwort

von

R. Cotta.

Dr. phil. und Prof. der Geognosie in Freiburg.

Mit einer lithogr. Tafel und einem Holzschnitt.

Verlag von J. G. Engelhardt.

Verlag von J. G. Engelhardt.

1847.

Vorwort.

Der Metamorphismus der Gesteine ist eine der grossen Zeitfragen der Geologie. Schon lange hat man zwar erkannt, dass manche Gesteine nicht ursprünglich so gebildet worden sein können, wie wir sie gegenwärtig vorfinden, aber über die Ursachen solcher Umbildungen sowohl, als über die Ausdehnung derselben bestanden und bestehen noch die verschiedenartigsten Ansichten. Während die Einen dem Metamorphismus eine fast unbeschränkte Ausdehnung vindiciren und namentlich alle krystallinen Gesteine durch Galvanismus, Chemismus, Gährung oder andere z. Th. sehr wenig genau bestimmbare Kräfte, aus amorphen oder richtiger unkrystallinen Sedimentärgesteinen entstehen lassen (*Keferstein, Keilhau, Fuchs* u. s. w.), nehmen Andere nur eine sehr beschränkte Umwandlung durch unmittelbare Einwirkung aus dem Erdinnern emporsteigender Massengesteine (Contactmetamorphose) an.

Diese extremen Ansichten, von denen die erstere den Schein einer leichten Erklärung für manche schwierige Probleme der Geologie darbieten mag, während sie jedoch den wahren Forscher unbefriedigt lässt, und von denen die letztere vielleicht durch zu strenges Fest-

halten an dem unmittelbar Beobachtbaren erzeugt wurde, werden gewissermassen vermittelt durch eine dritte Grundanschauung der Sache, nach welcher die hohe Temperatur des Erdinnern ganz im Allgemeinen die Ursache der Gesteinsmetamorphose vorzugsweise war und z. Th. noch ist. Den ersten Antrieb zu dieser Anschauungsweise hat offenbar schon *Hutton* gegeben, sie hat sich aber im Laufe der Zeit durch hinzugekommene Beobachtungen wesentlich umgestaltet. Immer aber bestehen auch bei dieser, wie bei der Contacttheorie noch grosse Verschiedenheiten der Ansichten über die speciellen Umwandlungsprozesse, ob diese nur durch Hitz-
einwirkungen, durch Dämpfe und Gase oder sogar durch Eindringen heissflüssiger Bestandtheile bewirkt seien.

Fournet huldigt, wie wir sehen werden, einer sehr ausgedehnten Contactmetamorphose, bei welcher er einen grossen Werth auf das Eindringen heissflüssiger Bestandtheile legt.

Einige Schweizer Geologen, *Studer* an der Spitze, sprechen sich nicht deutlich über die Grundursache des Metamorphismus aus, sondern weisen mehr nur die Wirkungen nach. Nach ihnen sind die eruptiven Massengesteine keinesweges Ursachen, sondern vielmehr Folgen des metamorphischen Prozesses. Die Sedimentärgebilde werden oder wurden nach ihnen durch Metamorphose zuerst gehärtet, dann krystallinisch (Glimmerschiefer, Gneiss) und endlich erweicht und eruptiv (Granit u. s. w.).

Lyell lässt den Prozess der Umwandlung im Grossen

noch jetzt vor sich gehen, aber in Tiefen, wohin keine Beobachtung zu dringen vermag, durch vulkanische Thätigkeit. Nur spätere Hebungen können den Erfolg gegenwärtiger Umwandlungen der Beobachtung einst vorlegen, wie sie ihn aus früheren Zeiten in Gestalt der krystallinischen Schiefer mehrfach vorgelegt haben.

Betrachtet man die Erscheinungen ganz im Grossen, so kann man an einer stufenweisen Umwandlung der sedimentären Ablagerungen in krystallinische Schiefer kaum noch zweifeln. *Murchison* hat uns in seinem grossen Werk über Russland gezeigt, dass die Gesteine der Grauwacken- und Kohlengruppe in den weiten Ebenen Russlands, in welchen alle Spuren bis zur Oberfläche gewirkt habender plutonischer Thätigkeit mangeln, noch jetzt eben so unfest und mürbe sind, wie in Deutschland und England etwa die Kreide- und Molassebildungen, wo diese nicht lokal eine Umwandlung durch durchsetzende Basalte erlitten haben. Durch die neueren geologischen Arbeiten über die Schweiz wissen wir dagegen, dass in den Alpen die Gesteine der Jura- und Kreidegruppe von ganz gleicher Beschaffenheit sind, wie bei uns die Grauwackenbildungen, dass ein glimmerschieferähnliches Gestein in den Alpen wie in einigen Gegenden Frankreichs sogar noch erkennbare Belemniten enthält und dass überhaupt auch diese jugendlichen grauwarenähnlichen Gesteine gerade so allmählig in krystallinische Schiefergesteine übergehen, wie die alten wirklichen Grauwacken im Erzgebirge und am Ural, wo sie erst in der unmittelbaren Nähe

der Gebirgskette den Charakter der deutschen Grauwackengesteine annehmen, während sie wie erwähnt im flachen Russland viel weicherer Natur sind. Ferner hat *Lyell* gezeigt, dass in den Vereinigten Staaten die bitumenhaltigen Steinkohlen, wo sie in die plutonisch gehobene Alleghanikette eintreten, in Anthrazit übergehen und von grauwackenähnlichen Gesteinen begleitet werden, obwohl die Pflanzenreste, die darin vorkommen, fast ganz dieselben sind, wie in der Europäischen Steinkohlenformation. Ja noch mehr, in einer anderen Gegend Nordamerikas geht sogar ein brennbares Anthrazitlager im Streichen in ein Graphytlager zwischen Glimmerschiefer über, und eine ähnliche merkwürdige Erscheinung stellt auch *Dufrenoy's* und *Elie de Beaumont's* grosse geognostische Karte von Frankreich dar.

Gegenüber so grossartigen Erscheinungen, begleitet von einer Menge Detailverhältnisse, noch an der Metamorphose im grossen Massstabe zweifeln zu wollen, könnte hartnäckig an vorgefassten Meinungen festhalten genannt werden. Mit solchem Zugeständniss ist aber noch keinesweges die Grenze bezeichnet, die man dieser oder jener Bildungsweise einräumt.

Betrachten wir, wofür so viele Umstände sprechen, den Erdkörper als einst heissflüssig, so muss nothwendig das erste auf ihm gebildete Feste eine Erstarrungskruste gewesen sein. Erst von dieser und auf dieser können dann Zerstörungen und Ablagerungen durch Wasser erfolgt sein. Erreichten diese letzteren eine gewisse Dicke, so dienten sie als eine die Wärme-

ausstrahlung des heissen Kernes sehr verminderte Hülle und mussten auf diese Weise ein nach Aussen-Rücken der hohen Temperatur des Innern veranlassen, welches sich bis zur theilweisen oder völligen Umschmelzung der ersten Erstarrungskruste, ja noch weiter bis zum theilweisen Umschmelzen der ersten Ablagerungen oder bis zur Härtung oder Krystallisirung derselben steigern konnte. Der flüssige Kern oder die umgeschmolzenen Massen sind aber vielfach auch durch Spalten emporgepresst worden, das lehren uns die Lagerungsverhältnisse der deshalb so genannten Eruptivgesteine. Da kamen sie auch mit Schichten in Berührung, die ausserhalb der Region allgemeiner Hitzeeinwirkungen lagen, so entstanden die Erscheinungen der Contactmetamorphose. Man sieht leicht, dass zwar ein Unterschied zwischen den beiderlei Umbildungen statt finden muss, dass aber dennoch auch zwischen ihnen ein Uebergang bestehen kann. Die Eruptivgesteine wirkten je nach der Grösse ihrer Masse, der Art ihres Weges, ihrer Temperatur und der Beschaffenheit, Lage und Temperatur der durchsetzten Gesteine auf diese ein. Mächtige Granitmassen konnten ähnlich wirken, wie der heisse Erdkern, krystallinische Schiefer bilden und das Durchsetzte sogar selbst wieder bis zur Eruption umschmelzen. Geringmächtigere haben nur Hornfels, Knotenschiefer und dergl. erzeugt. Je grösser die Temperaturdifferenzen der sich berührenden Gesteine waren, um so greller wird die Einwirkung an den Contacträndern hervortreten.

Auf diese Weise wäre es möglich, dass von der ersten Erstarrungskruste überhaupt nichts mehr existirte, es können aber ebenso gut manche Gneisse oder Glimmerschiefer ihr zugehören, während einige der ersteren jedenfalls bis zum Eruptivwerden umgeschmolzen sind, wie denn überhaupt Schiefertextur keinesweges ein allgemeiner sicherer Beweis gegen eruptive Entstehung ist; wie noch ganz kürzlich *Naumann* in *v. Leonhards* und *Bronns* Jahrbuch nachgewiesen hat.

Was nun den vorliegenden Aufsatz *Fournets* betrifft, so entsinne ich mich nicht, Gesteinsumwandlungen im grossen Massstabe so speciell und wissenschaftlich irgendwo nachgewiesen gefunden zu haben. Diese Zeilen wurden entfernt von allen literarischen Hilfsmitteln niedergeschrieben, daher der Mangel jeder speciellen Nachweisung.

Heiligenstadt, 14. August 1847.

B. Cotta.

Schon *Saussure* widmete seine Aufmerksamkeit mit der ihm eigenen bewundernswerthen Sorgfalt den verschiedenen Gesteinen der Gehänge zwischen *Martigny* und *St.-Maurice*; er stellte die Ueberlagerung des Kalksteins der *Bathia* über gewisse Schiefergesteine fest, deren Zusammenstellung mit dem Petrosilex er auf ihre besonderen Charaktere begründet; er wies dessen Uebergang in andere, felsitische krystallinische Schiefergesteine mit einzelnen Einlagerungen von Petrosilex nach; er fand unter diesen letzteren einen Schichtenkomplex von Dachschiefer, Sandstein, Conglomerat und Petrosilex, welche Gesteine ihrerseits wieder auf einer neuen Schichtenreihe, den vorigen analoger, felsitischer Schiefer lagern, deren Hauptmasse unmittelbar hinter den Wasserfall von *Pissevache* hervortritt; er machte ausserdem auf die Gänge eines eruptiven Felsitgesteins aufmerksam, die in den bezeichneten Gesteinen aufsetzen; und endlich verdanken wir ihm die ersten Grundlagen zu einer Parallelisirung der Conglomerate von *Martigny* und *Valorsine*.

Später lieferte *Herr Elie de Beaumont* einen neuen Beitrag zu diesen interessanten Gebirgsverhältnissen, indem er die Flötzgesteine jener Gegend der Juraformation, von deren Vorhandensein in den Alpen er sich überzeugte, zuwies.

Einem so reichhaltigen Schatze von Erfahrungen würde ich nur noch sehr wenig Neues hinzuzufügen im Stande gewesen sein, wäre ich nicht bei meinen Untersuchungen auf einige metamorphische Erscheinungen gestossen, wobei ich zugleich den Vorthail wahrnahm, den die Aufnahme mehrerer von *Saussure* gebrauchter Bezeichnungen in unsere moderne wissenschaftliche Sprache gewährt; es kommt viel darauf an, deren Bedeutung ein für allemal festzu-

stellen, da nur so der Geognost in den Stand gesetzt ist, die Schriften dieses Beobachters selbst zu verstehen. Hierin wurde ich übrigens sehr durch die Genauigkeit, mit der er in alle Einzelheiten eingegangen, sowie durch die Erlaubniss, Untersuchungen in seinen Sammlungen anzustellen, unterstützt, deren unbeschränkte Benutzung mir *Herr Alph. Favre*, Professor an der Universität zu Genf, mit seltener Bereitwilligkeit gestattete. So konnte ich hinreichende Daten sammeln, um bei der Nützlichkeit meiner Untersuchungen alle Bedenken schwinden zu lassen, selbst in dem Falle, dass ich schon Dagewesenes wieder mit aufnehmen musste.

Die vorliegende Abhandlung soll in zwei Theile zerfallen; der erste wird eine blosse historische Darstellung der geognostischen Verhältnisse der Gegend zwischen *Martigny* und *Evionnaz*, wie sie den angestellten Untersuchungen gemäss sich herausstellen, enthalten, während der zweite den theoretischen Erörterungen gewidmet sein wird. Auf solche Weise glaube ich auch Diejenigen, welche der Meinung sind, dass man für gewisse geologische Erscheinungen schon jetzt ein Lehrgebäude nicht aufstellen könne, in den Stand gesetzt zu haben, leicht von dem abstrahiren zu können, was ihren individuellen Ansichten nicht entsprechen möchte.

Erster Abschnitt.

Beschaffenheit und Lagerungsverhältnisse der Gesteine.

§. 1. **B**ei dem Studium der Gegend zwischen Unterwallis und Savoyen stösst man unter anderen eigenthümlichen Umständen auch auf mächtige Eruptionen verschiedener Gesteine, die der Gruppe der Serpentine angehören; ein solcher Gebirgsstreifen erstreckt sich von *Bréven* bis in das Rhonethal, auf welche Erlängung er einem Erhebungssysteme angehört dessen Axe der des *Mont-Blanc* parallel ist, und von welchem die Schichtgesteine nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin abfallen, auf der einen westlich nach *St.-Maurice*, auf der anderen östlich nach *Martigny* zu.

Das westliche Gebiet der Flötzgesteine besteht aus jurassischen Gebilden und Nummulitenkalkstein und besitzt daher eine bedeutende Mächtigkeit, die noch durch die grosse Erhebung des *Dent-du-Midi* vermehrt wird. Die östlichen Formationen umschliessen dagegen nur einige wenige sekundäre Bildungen und sind daher begreiflicher Weise weit weniger ausgedehnt; indess haben sie im Profil von *Miéville* bis *Martigny* doch noch eine Längenausdehnung von ungefähr einer Stunde. Wenn nun auch die absolute Mächtigkeit wegen der Verflächung der Schichten geringer ist, so ist sie doch immer noch so gross, dass man schwerlich auf den Gedanken kommen kann, die sich tief hinab erstreckenden, durch Hitze bewirkten Umwandlungen dieser Gesteine blos und allein dem Einflusse plutonischer, in der Haupterhebungsaxe des Gebirges emporgedrungener Massen zuschreiben zu wollen.

Berücksichtigt man dagegen, dass nach den Beobachtungen *Saussure's* jenes Gebirge von einer Menge Gänge durchsetzt wird, die man jedenfalls als später eingedrungen annehmen muss, so findet man hierin des Grundprincip nicht allein zu allen in Rede stehenden Umwandlungen, sondern auch dazu, dass diese Schichtenkomplexe grade hier weit mächtiger sind, als an verschiedenen anderen Punkten der Alpen. Es ist nämlich unbedingt die eigentliche Mächtigkeit der sedimentären Gebirgsmasse noch durch die der zahlreichen, von allen Seiten her eingedrungenen Gänge vermehrt worden.

§. 2. Der grössere Theil dieser Gänge führt eine weisse, feinkörnige Ausfüllungsmasse, die durch die Compression beim Ausfüllen der Gangspalte eine etwas schiefrige Struktur angenommen hat. Auf den ersten Anblick hin könnte man diese Ausfüllungsmasse für körnigen Quarz halten. Indess kommt man bei ein wenig Aufmerksamkeit bald von diesem Irrthum zurück und zu der Ueberzeugung, dass man es hier mit Feldspath zu thun hat, indem nicht allein auf den Klüften sich viel Spiegelflächen finden, sondern auch die feinkörnige Grundmasse hier und da deutliche Krystalle von entschieden blättriger Textur einschliesst. Jedoch fehlt hierin der Quarz keineswegs ganz; vielmehr lässt sich an Stellen, wo der Feldspath durch atmosphärische Einflüsse verwittert ist, leicht eine teigartige Quarzmasse erkennen, die mit Felsitkörnern bedeckt ist. Auf andern Bruchstücken erscheint derselbe Quarz opalartig und in Form kleiner Gangschnüre. Hier und da hat sich die Kieselsäure auch in Drusenräumen in ihrer gewöhnlichen Krystallform, mit pyramidalen Endflächen, ausgeschieden.

Auf manchen Stücken findet man kleine, schwarze Pünktchen, von denen sich kaum etwas Anderes erkennen lässt, als dass sie allem Anschein nach eine prismatische Krystallform besitzen, und die ich daher für Amphibol halten möchte. Anderweit findet man sehr vereinzelte Blättchen von grünlichem oder weissen, perlmutterglänzenden, ganz feinschuppigen Chlorit, der nur selten zu unregelmässigen Knollen zusammengehäuft ist. Endlich geht das Gestein, durch Schwankungen in der Menge und der Vertheilung der Gemengtheile, (Opal, Felsit und Chlorit) in granitischen Prologin über, in dem besonders schöne

Krystalle porphyrartig inneliegen. Durch Modifikationen anderer Art tritt der Feldspath mit blättriger Struktur, porphyrartig eingemengtem Quarz und rothen, mikroskopischen Granatkrystallen auf, so dass man ihn für einen Pegmatit aus der Erstarrungsperiode halten könnte, stünde damit nicht die ganze Umgebung in gradem Widerspruche. An diese Protogine schliessen sich übrigens noch einige Gesteine von schmutzigrüner Farbe und unebenem, sehr splittrigem Bruche an, die so weich sind, dass sie sich mit dem Messer schneiden lassen, und überhaupt ganz die Eigenschaften des Serpentin besitzen; und eben wegen dieser unverkennbaren Verwandtschaft muss nach meiner Ansicht die ganze eruptive Gebirgsmasse zu der Gruppe der Serpentinesteine gerechnet werden.

Der Quarz, dessen Zusammenvorkommen mit anderen Mineralien wir so eben erläutert, tritt auch isolirt in Form meist schmaler Gänge und darin in opalartigem Zustande auf; häufig zeigt er noch eine grünliche Färbung, wahrscheinlich weil ihm immer noch einige Serpentintheilchen anhängen. Treten Quarz und Serpentin in grösserer Masse beisammen auf, so findet man verworren weiche und harte Parteen von ganz gleich grüner Färbung durch einander; um Verwechselungen mit den ebenfalls grün gefärbten Schiefergesteinen zu vermeiden, von denen weiter unten die Rede sein wird, könnte man jener heterogenen Gesteinsmasse den Namen: „Quarzführender Serpentin“ beilegen. Alle diese Gesteinsvarietäten sind indess so selten, dass wir uns nicht weiter bei ihnen aufhalten wollen, zumal da sie auch nur für die Paragenesis der Mineralien von einiger Wichtigkeit sind; um die Hauptsache nicht aus den Augen zu verlieren, genügt es, festzuhalten, dass in allen den erwähnten Gängen der Feldspath durchaus vorherrscht, dass von ihm also auch die grosse Mehrzahl der Vorgänge abhängig waren, mit denen wir uns im Folgenden beschäftigen werden.

§. 3. Jene, in der Regel mächtigen Gänge sind zuweilen deutlich vom Nebengestein abgesondert. Etwas östlich von der Cascade von *Pissevache* setzt in den Gebirgsabhängen ein solcher Gang auf, der für diesen Umstand grade sehr charakteristisch ist; denn nicht allein ist er im Hangenden sehr abgelöst, sondern hat auch sein Fallen parallel der Schichtung

der durchsetzten metamorphischen Schiefergesteine. So in die Augen fallend sind jedoch die hauptsächlichsten Gangverhältnisse nicht immer; vielmehr kann man die Gänge oft selbst in der Nähe nicht gut von dem Nebengestein unterscheiden, sei es, weil sie zu fest mit demselben verwachsen sind, sei es, was noch wahrscheinlicher, weil eine innige Vermengung der Gemengtheile der Gänge mit den Lamellen des Schiefers Statt gefunden hat. Steht man aber in grösserer Entfernung, z. B. auf der Chaussee, die an den Gehängen hinläuft, so zeichnen sich die Gänge auf dem Nebengestein deutlich als grosse, linsenförmige Körper oder als lange Bänder ab, die durch ihre blendend weisse Farbe sehr lebhaft von dem grauen Schiefer abstechen. Sie sind, wie alle solche Eruptivgesteine, jünger als das von ihnen durchsetzte Gebirgsgestein und bilden in demselben Zonen, die in ihrem Streichen bald dessen Schichtung folgen, bald dieselbe durchschneiden; sie sind auch unter sich von ungleichem Alter und durchsetzen sich daher sehr häufig, so dass sie dann gleichsam ein grosses Netz mit unregelmässigen Maschen bilden. Die grosse Felspartie auf dem linken Ufer des Trient zeigt in ihrem vertikalen Durchschnitt ein in dieser Beziehung um so auffallenderes Verhalten, als hier zugleich eine auf dem rechten Gehänge nicht beobachtete Aufrichtung der Schichten des Nebengesteins damit verbunden ist; diese ungleichartige Lagerung auf den beiden Gehängen hat jedenfalls auch zur Bildung des tiefen Thaleinschnittes, welcher das Bett des Trient bildet, Veranlassung gegeben. *Saussure* selbst giebt uns hierüber folgende Auskunft:

„Am Trient besteht das ganze aufgeschlossene Gebirge aus einem, den übrigen ähnlichen, Schichtgestein (metamorphischem Schiefer); es wird in allen Richtungen von grossen und kleinen Gängen durchsetzt, die theils aus reinem, weissen Feldspath, theils aus einem grauen Gemenge von Feldspath und Glimmer, theils endlich fast aus blossen schwärzlichen Glimmer bestehen. In Hinsicht auf Gestalt und Stellung sind die Gangkörper theils grade, theils mannigfach gekrümmt; obschon mehrfache Durchsetzungen vorkommen, so scheint es doch, als ob die meisten unter sich einen gewissen Parallelismus beobachten; selbiger ist jedoch nicht so deutlich ausgesprochen,

dass man sie deshalb als Lager ansprechen könnte, um so weniger, als zwischen denen in der Mitte und denen am Ausstreichen des Thales keinerlei Zusammenhang Statt findet. Jenseit der Brücke über den Fluss scheinen die Verhältnisse eher auf Lager hinzudeuten; jedoch können diess gleichfalls eben so gut Gänge sein, welche parallele Gebirgsspalten ausgefüllt haben, da in ihren Lagerungsverhältnissen weder eine besondere Regelmässigkeit, noch eine Schichtung wahrzunehmen ist, die auf ihre ursprüngliche Stellung schliessen liesse.“

Die Gänge treten zuerst unmittelbar hinter den Schieferbrüchen der *Bathia* auf und kehren von Zeit zu Zeit an den Gehängen des Trient hinauf wieder, wo ihre grösste Gesamtmächtigkeit der des Schiefergesteins zum mindesten gleich ist. Sie haben dem Gestein an diesen Punkten eine solche Härte und Festigkeit verliehen, dass es allen Auswaschungen widerstanden hat; zuweilen springen solche Partien, wo viele Gänge zusammen kommen, vor den weicheren und daher zum Theil weggewaschenen Punkten an den Gehängen vor. Unter anderen erscheint auch das Gestein am rechten Flussufer in Folge seiner jedenfalls ganz zufälligen Struktur, wie das saigere Ausgehende eines mächtigen Ganges vom Streichen Stunde 2 bis 3; bei näherer Prüfung überzeugt man sich aber, dass das Ganze eben eine Täuschung ist, welche durch die Verwicklung einer Menge von Gängen hervorgebracht wird.

Aehnliche Gänge fand ich an dem Wasserfall von *Pissevache* wieder; *Saussure* konnte sie übrigens bis zum Dorfe *Miéville* und von da wahrscheinlich noch bis *Evionnaz* hin verfolgen. Wahrscheinlich ist es endlich, dass sie ihre Endschafft etwas oberhalb der Thalschlucht des *St.-Barthélemy*, der auf dem *Dent-du-Midi* entspringt, erreichen; denn alsdann treten auf einmal die nach *St.-Maurice* zu abfallenden Kalksteine hervor, deren erste Schichten das Ausgehende des krystallinischen Schiefergebirges überlagern.

§. 4. Da wir jetzt die Ursache der Metamorphose kennen und uns von dem wiederholten Auftreten des Metamorphismus hinlänglich überzeugt halten können, so wollen wir nun zu den Schichtgesteinen selbst übergehen, auf die sich solche Einflüsse erstreckt haben, und zu dem Ende die Gebirgsmassen in der

Reihenfolge betrachten, in der sie in der Richtung von Ost nach West nach einander auftreten.

Von *Martigny* aus erblickt man einen spitzen Bergkegel, an dessen Fuss sich die *Dranse* hinschlängelt und auf dem der Thurm des alten Schlosses der *Bathia* steht. Der Felsen ist auf der einen Seite durch einen tiefen Abgrund gespalten und besteht aus schwarzem, grob- und gewundenschiefrigen Kalkstein, zuweilen mit einem leichten Anfluge feiner Glimmerschüppchen. Kleine Gänge von schönem weissen Kalkspath, welcher hier und da Knollen von Milchquarz einschliesst, durchschwärmen das Muttergestein, so dass manche Blöcke das Ansehen des schönsten geäderten Marmors gewinnen. In ihrer Stellung zu der Schichtung des Nebengesteins sind diese Kalkspathadern vollkommen mit den injizirten Gängen zu vergleichen, indem sie, wie diese, der Schichtung bald folgen, bald dieselbe quer durchsetzen. Indess halte ich sie doch, was bei einer Menge von Gesteinen gar kein seltener Fall ist, eher für Sekretionen des Nebengesteins; und ich will hierauf bei einer anderen Gelegenheit ausführlicher zurückkommen. Vor der Hand kommt es ja hauptsächlich nur darauf an, den Metamorphismus in seiner Wirksamkeit, vermittelt durch die auf das ganze Profil von *Martigny* nach *Evionnaz* vertheilten Gänge, nicht aus den Augen zu verlieren.

§. 5. An den Kalkstein der *Bathia* schliesst sich zunächst ein gewöhnlicher grauer, etwas fettiger Schiefer (*ardoise*) an, der mit Säure noch etwas aufbraust; weiterhin aber geht derselbe allmählig in ein blassgraues bis schmutzig grünes, sehr fasriges und fettiges Schiefergestein (*schiste*) mit wellenförmig gewundener Schichtung über. Unmittelbar darunter liegen die Schichten eines zähen, Euritähnlichen Gesteins mit splittriger Oberfläche, welches deutlich schiefrig, so hart, dass es am Stahle Funken giebt, hellklingend, etwas durchscheinend, von grünlicher Farbe, und in dünne, vollkommen ebene und regelmässige Tafeln spaltbar ist. Diese lassen sich eben so gut, wie die von dem darüber liegenden Schiefer zu technischen Zwecken benutzen, und haben noch den merklichen Vorzug, wegen ihrer grösseren Dichtigkeit dem Einflusse der Atmosphärien besser widerstehen zu können. Mit Recht unterscheidet sie *Saussure*

von dem Wetzschiefer, denn dieser ist weich, undurchsichtig und von entschieden anderer Textur; er glaubt sie vielmehr zum Petrosilex rechnen zu müssen, giebt jedoch zu, dass es Hornsteine einer ganz besonderen Art, ohne Analogien in anderen Theilen der Alpen, sein müssten. Ich meinerseits möchte sie, von rein mineralogischem Standpunkte aus, eher mit manchen Phonolithschiefen vergleichen, wobei ich jedoch bemerken muss, dass eine solche Aehnlichkeit eben nur in ihrem physikalischen, keineswegs aber in ihrem chemischen Verhalten begründet ist; von dem letzteren wird weiter unten die Rede sein.

§. 6. Diese erste Gruppe von Schiefergesteinen schliesst zugleich einige schmale Lagergänge ein, die entweder nur aus Quarz oder aus einem Gemenge von Quarz, Felsit und Kalkspath bestehen. Bei der Injektion dieser Gänge drangen die Gemengtheile bis zu einem gewissen Grade in die Wände der aufgerissenen Spalten hinein, wobei das Gestein zugleich verglast wurde und eine grünliche Färbung annahm; *Jurine* rechnet es zu den *Palaiopétres Saussure's*. Wo solche Partien des Nebengesteins verwittert sind, da findet man den Quarz in Form kleiner Körner freiliegend; wo der Quarz sich hingegen recht innig in das Nebengestein hineinsog, da bildete er teigartige Hornsteinmassen. Im Allgemeinen haben die reinsten Quarzgänge auch die stärkste Einwirkung auf das sie umgebende Schiefergestein ausgeübt und dasselbe zuweilen sogar in Chlorit umgewandelt. Das ist aber auch Alles, was von der Metamorphose auf Rechnung des eruptiven Quarzes gesetzt werden kann; denn die metamorphischen Erscheinungen vervielfältigen sich in einem Grade, dass Massen von so geringer Ausdehnung und Mächtigkeit, wie diese Quarzinjektionen, unmöglich die Veranlassung dazu gewesen sein können.

Diess findet denn auch seine volle Rechtfertigung darin, dass nur wenige Schritte über jene Quarzgänge hinaus das vorherrschende Gestein auf einmal ein ganz verändertes Aussehen annimmt. Es setzt in dieser Weise bis jenseit der Mündung des Trient fort und besteht aus einer Gruppe von Gesteinen, in welcher der Petrosilex immer seltener, dagegen ein Gneisartiges Gestein vorherrschend wird, das in seiner

Zusammensetzung sich gleichwohl nicht ganz gleich bleibt. *Saussure* sagt hierüber:

„Der schiefrige Petrosilex wird in seiner Beschaffenheit nach und nach durch den Zutritt von Feldspath verändert, und erscheint dann wie ein mit Quarz und Glimmer gemengtes Schichtgestein (*Quarzum fornacum*, *Wall*); er enthält aber weder Quarz noch Glimmer eingemengt, vielmehr bestehen alle weissen und harten Partien aus Feldspath, und das graue, splittrige Mineral, welches man für Glimmer halten könnte, aus dünnen Lagen desselben Petrosilex. Dieses Menggestein steht noch an dem Punkte an, wo die Chaussee sich etwas von den Felsen wegwendet, welche dort auf eine bedeutende Strecke senkrechte, in schiefer, ziemlich paralleler Richtung stark zerklüftete Wände bilden. Vorwaltend ist auch hier noch der mehrfach gefärbte Petrosilex mit hier und da eingemengten Felsitparthien. Weiterhin verliert der Petrosilex seine Schiefertextur fast gänzlich und wird daher eher einen Hornsteinporphyr ähnlich; nach und nach setzen die Klüfte immer unregelmässiger auf, die Farbe des Gesteins wird gelblich und die Schiefertextur verschwindet endlich ganz. Einzelne darin schwimmende Bruchstücke bestehen noch hauptsächlich aus Petrosilex und scheinen jenem Hornsteinporphyr anzugehören. In der Hoffnung, die wahre Struktur des Felsens besser ermitteln zu können, stieg ich an einigen Punkten bis zu dem frisch anstehenden Felsen hinauf, fand aber auch hier dieselbe Verworrenheit oder mindestens ein Verhalten, für das ich kein Gesetz aufzustellen wusste; und so durchgängig bis zum Trient hin.“

§. 7. *Saussure* hat, wie man sieht, mit seinem gewöhnlichen Scharfblick das Charakteristische in diesen komplizirten Gesteinsverhältnissen vollkommen richtig aufgefasst, indem er bei allen Modifikationen der Gesteine doch den Petrosilex noch unbezweifelt als Grundmasse herausfand; dass er aber trotzdem keine Lagerungsformeln für diese Gesteinsgruppe ausmitteln konnte, liegt wohl darin, dass er immer nur dem Fusse der steilen Felsen folgte und daher nicht zu den Stellen gelangte, wo er die gewünschte Aufklärung hätte finden müssen.

Anfangs hatte ich auch denselben Weg eingeschlagen, wie er, natürlich gleichfalls ohne das erwünschte glückliche Resultat;

da ich aber das Gebirge schon seit mehreren Jahren etwas näher kannte, so suchte ich zunächst die metamorphosirenden Gesteine aufzufinden und bestieg zu dem Ende die die *Bathia* beherrschenden Bergkämme. Von dort aus gelangte ich denn auch bis an den ersten Bergfall, der Entblössung genug darbot; dann aber musste ich des gefährlichen Weges halber, der an Abgründen ohne Zahl vorbeiführte, wieder umkehren. Aber ich hatte doch auf dieser kurzen Tour meinen Zweck vollkommen erreicht; ich fand nämlich hinter den glänzenden, grünen, festen Hornsteinschiefern folgende Reihenfolge von Gesteinen: erstens ein sehr zerklüftetes und in Folge der besonderen Zerklüftung in zwei verschiedenen Streichen aufsetzendes Gestein, welches eine Menge Feldspathkrystalle enthält und daher manchen Gneisvarietäten nahe kommt. Diese Krystalle treten, wie auch *Saussure* richtig bemerkt, nicht mit wirklichem Glimmer, sondern mit dünnen Blättchen eines farblosen, fettigglänzenden Minerals zusammen auf, welches ein Produkt der Umwandlung des angränzenden Thonschiefers ist. Dieser Feldspath verschwindet indess bald wieder, und es folgt dann wieder der alte Petrosilexschiefer; jener kann daher auch durch eine extreme Einwirkung metamorphischer Ursachen oder eben so gut auch durch das Verschwinden der Schiefertextur entstanden sein.

Hierauf folgt ein massiges, in grosse, unregelmässige Säulen abgesondertes Gestein, welches eben seine ursprüngliche Schiefertextur gänzlich verloren hat; die Köpfe der unschönen Säulen haben sich durch eine weitere Zertrümerung und Verwitterung abgerundet. Das Gestein besteht aus einem mehr oder weniger krystallinischen, mit kleinen Feldspathkrystallen erfüllten Quarzteige, der durch lange, grünliche Fasern einer Art Petrosilex bunt gebändert ist. Hier und da findet man unter diesen Hauptgemengtheilen auch wieder jenes fettig glänzende, schuppige Mineral, aus welchem man allemal auf den Urzustand des Gesteines schliessen kann, da es in den gewöhnlichen Petrosilexschiefen nie fehlt. Damit stimmt denn auch überein, dass hierin ebenfalls jene Feldspathgänge wieder auftreten, die das grünliche Muttergestein in allen Richtungen Bandartig durchsetzen. Auf der Höhe jenes ersten, von mir

erwähnten Bergschlupfes dagegen verschwinden sie wieder und es tritt dann von Neuem der minder felsitische, poröse, grünliche oder grauliche, hier und da etwas kiesige Schiefer auf.

Offenbar stehen alle diese Gesteinsmodifikationen mit den eruptiven Felsitgesteinen im engsten Zusammenhang, und somit ist auch das von *Saussure* vergeblich gesuchte Gesetz ausser allen Zweifel gestellt. Auf einige Entfernung von ihnen in der Richtung von *la Bathia* zeigt das Schiefergestein vollkommen noch den ursprünglichen Charakter, geht dann aber immer mehr und mehr in eine Art Petrosilex über, wo es sich in grösserer oder geringerer Nähe der Quarz- und Feldspath- oder Kalksteingänge befindet, die jedenfalls als Ausläufer einer grossen felsitischen Eruption betrachtet werden müssen; in der unmittelbaren Nähe derselben ist auch die Feldspathisirung des Gesteins am deutlichsten. Ueber die Gränzen der plutonischen Einwirkung hinaus nimmt hingegen das Gestein allmählig den Zustand des Petrosilexschiefers wieder an.

§. 8. Dasselbe Verhältniss findet nun auch am anderen Abhange des Thalkessels Statt; über diesen hinaus konnte ich, wie erwähnt, nicht vordringen. Meinen Rückweg nahm ich, wie *Saussure*, immer am Fusse des Gebirgsabfalles hin und stieg von Zeit zu Zeit an den Gehängen hinauf. Wenn auch der abgerollte Schutt kein Anhalten geben konnte, so waren doch auch oft die Stellen zu erkennen, wo die Schuttmassen losgetrümert hatten, und ausserdem fanden sich unter der Menge klaren Gerölles auch Blöcke von solcher Grösse, dass man aus ihnen recht gut auf das Gestein selbst, dem sie angehören, schliessen konnte. Halbwegs zwischen *Martigny* und dem Trient häufen sich diese Blöcke; durch das Abrutschen einer ganzen Gesteinswand sind Trümmer von ungeheurer Grösse entstanden, worin ebenfalls eine Menge Feldspathgänge von grösserer oder geringerer Mächtigkeit aufsetzen.

Geringe Abweichungen abgerechnet, zeigen diese Trümmer anfangs ganz den Typus der vorigen Gesteinsabtheilung, welche durch die eingedrungenen Gänge und die Imprägnation mit dichtem Felsit vollständig metamorphosirt worden ist. Weiterhin aber, nach dem vierten Bergfall zu, verändern sie ihre Beschaffenheit in etwas, und zwar durch Felsitkrystalle, die

aus einem fast hornartigen Teige herauskrystallisirt sind und dem Gestein daher eine porphyrtartige Textur verleihen; *Saussyre* hat sie deswegen auch für Hornsteinporphyr, Porphyroid, erklärt, in Analogie mit dem Porphyrschiefer Werners. In manchen Geschieben tritt auch ein bronzefarbiger Glimmer auf, dessen Erscheinen diese petrographischen Verhältnisse noch complicirter und die Nähe von Glimmerschiefer oder Gneiss wahrscheinlich macht, was auch dadurch in etwas bestätigt wird, dass der Gebirgskamm oben auf der Höhe durch einen tiefen Schlund zerrissen ist, vermuthlich die Folge einer Absonderung der älteren von den neueren Ablagerungen.

Aber auch in diesen Glimmermassen fand ich noch Reste von grünem, gewundenen, fettig glänzenden Schiefer und gelangte in dieser Begleitung auf meinen Ausgangspunkt zurück. Auffallend war es mir übrigens, dass jener Gneiss oder Porphyroid von der grobkörnigen in die feinkörnigste Textur überging und dann ganz das Aussehen eines grünen, sehr innig mit Feldspath und Glimmer gemengten Schiefers annahm; übrigens verlor sich die Schiefertextur auch nie gänzlich.

Ueber diese Abweichungen wurde ich mir erst völlig klar, als ich unter dem übrigen Gerölle auf einige Fragmente aufmerksam wurde, deren grauliche, rauhe Oberfläche wie unter dem Einflusse atmosphärischer Agentien stark zersetzt schien. Bei näherer Untersuchung erkannte ich sie aus ihrem Bruch als weissen, salinen oder körnigen Marmor, der hier und da von grünlichem bis braunen, zuweilen krystallisirten Idokras durchzogen war. Da ich diesen Kalkstein, der übrigens *Saussyre's* Aufmerksamkeit entgangen war, nicht anstehend finden konnte, so wusste ich Anfangs nicht, was ich daraus machen sollte; allein erstens fand *Saussyre* Einlagerungen von demselben Kalkstein in Quarz- und Glimmergesteinen, die von schwarzem Schiefer überlagert werden, am jenseitigen Ufer der Rhone; und zweitens stimmte seine Erscheinung hier so vollkommen zu den fettigen Hornsteinpartieen, dass er unbedingt noch zu den Flötzformationen zu rechnen ist.

Der Kalkstein kann, nach den Geröllen zu schliessen, nur etwa auf den sechsten Theil der ganzen Entfernung zwischen Martigny und dem Trient anstehen; die ganze übrige Er-

längung nehmen die Feldspathgänge und die metamorphischen Schiefer ein. Die Gesteinsverhältnisse am Trient und eine halbe Viertelstunde noch an demselben aufwärts, wo die Schieferstruktur durch das erwähnte Gangnetz und die dadurch erlittene, hier mehr, als irgend wo anders beträchtliche Verglasung fast ganz verwischt ist, zeichnen sich immer noch durch grüne, in dem ziemlich körnigen, glimmerreichen Gneiss eingeschlossene Schieferfragmente aus.

§. 9. Jene kurze Strecke am Trient hinauf verändert das Gestein auf einmal seine ganze Beschaffenheit, gehört jedoch immer noch dem Flötzgebirge an, wozu es den bestimmtesten Beweis selbst liefert. Dort steht nämlich in senkrechten Wänden ein schwärzliches, in grosse Würfel abgesondertes Conglomerat mit glimmerreicher, nicht schiefriger Grundmasse und zahlreichen, theils eckigen, theils abgerundeten Fragmenten von Granitquarz und Glimmerschiefer an, die durch ihre Stellung völlig an das Conglomerat von *Valorsine* erinnern. Hinter jenem Conglomerat tritt dann wieder ein schwarzer, glänzender, gradflasriger Schiefer auf, der vor dem Löthrohr etwas dekrepitirt und schwer zu einem gelblichgrauen Email schmilzt. Hierauf folgt abermals ein schwarzer quarziger und glimmerführender Sandstein, der wegen seiner Härte zu Mühlsteinen verwendet wird. In den untersten Schichten desselben fehlen Quarzfragmente gänzlich; in den übrigen aber sind sie so häufig, dass sie ein neues, von dem ersten nur durch seine schwarze Farbe merklich verschiedenes Conglomerat bilden.

Diese im Ganzen wenig veränderte Gesteinsgruppe setzt bis ein Stück oberhalb der Cascade von *Pissevache* fort. Dann treten auf einmal jene Feldspathgänge und der dichte, feldspathisirte und glimmerreiche Schiefer wieder auf, worin stets einige Schichten grünen, fettigen Schiefers (*ardoise*) vorkommen. An der Cascade ist der Petrosilex viel dichter, als bei der Bathia, und steht in grossen Felsmassen an. *Saussure*, dem etwas Entsprechendes in anderen Theilen der Alpen noch nicht vorgekommen war, glaubte sie zum Gegenstand besonderen Studiums machen zu müssen, und schöpfte daraus ungefähr folgende Resultate:

Diese Gesteine gehen, wie an der Bathia, mehrfach in

grünen Schiefer über, verlieren aber bei einer so vollkommenen Entwicklung, wie hier, die Schiefertextur fast gänzlich, und nehmen dann eher das Ansehen von Nephrit an, d. h. sie sind von hellgrüner Farbe, durchsichtig, von ausserordentlich schwankender Härte, besitzen scharfmuschligen Bruch, aber keine deutliche Textur. Letztere Eigenschaften, sowie die leichtere Zerspringbarkeit und das geringere spezifische Gewicht unterscheiden sie jedoch hinlänglich vom Nephrit; der leichteste, orientalische, Nephrit hat ungefähr das spezifische Gewicht 3,00, der Petrosilex von *Pissevache* nur 2,759. Letzterer ist endlich auch vor dem Löthrohr zu einem klaren Glase schmelzbar, worin, wie beim Felsit, kleine Kügelchen schwimmen.

Saussure erwähnt noch, dass er in den bei der Cascade aufgehäuften Blöcken bei näherer Untersuchung sehr schöne, weisse Chalzedone gefunden habe, die an den Wänden der Spalten gehangen und sich daraus im Moment der Aufreissung des Gesteins durch eine Art Sekretion ausgeschieden haben sollten. Ich habe allerdings in seiner Sammlung nur Petrosilexe, mit kleinen, fest mit dem Gestein verwachsenen Gangadern durchsetzt, gefunden, die an einem Salband aus Halbopal, am andern aus grünlichen Quarz bestanden. Ich halte sie daher nicht sowohl für Sekretionsprodukte, als für injicirte Gänge, analog den quarzig - felsitischen - und Kalksteingängen im Hornsteinschiefer der Bathia.

§. 10. Von der Cascade abwärts nach *Miéville* zu setzen hinter einander mehrere feste, klein- und gradflasrige Schiefergesteine von weisser bis brauner oder schwärzlicher Farbe auf, die viel Felsit und etwas Glimmer eingemengt enthalten und ungefähr wie gestreifter Kattun aussehen. Sie werden von Gängen von reinem Felsit oder von Felsit und Glimmer durchsetzt, die einige Aehnlichkeit mit Granitgängen besitzen.

Von *Miéville* nach *Balme* zu tritt abermals eine Veränderung in der Beschaffenheit des Gesteins ein; es wird nämlich so feinkörnig, dass man den mit Glimmer gemengten weissen Bestandtheil nur durch seine leichte Schmelzbarkeit vor dem Löthrohr als Felsit erkennen kann. Auf den Klüften, durch welche das Gestein in lauter parallelepipedische Fragmente abgesondert ist, findet man eine dünne, kalkige Schicht, die zuweilen auch

in das Gestein selbst hineingedrungen ist. Diese Gruppe schliesst nach *Evionnaz* hin mit Bergen ab, die aus einem dem vorigen ähnlichen Gemenge bestehen, und damit erreichen auch die krystallinischen Schiefergesteine dieses Thales ihre Endschaft, denn alsdann verschwinden sie, wie schon erwähnt, unter dem Kalkstein des *Dent - du - Midi*.

Dieser letzte Abschnitt der Untersuchungen *Saussure's* lässt, wie man sieht, in Bezug auf mehrere Einzelheiten noch etwas zu wünschen übrig, und mir hat es an Zeit gefehlt, diese Lücke auszufüllen, so dass ich nicht genau angeben kann, ob zwischen *Martigny* und *Evionnaz* dasselbe felsitische, körnige Gestein ansteht, woraus die Mehrzahl der beschriebenen Gänge besteht, oder nicht. Die geognostische Karte von Frankreich scheint dadurch etwas mehr Gewissheit zu geben, dass Herr *Elie de Beaumont* die am *Bréven* beginnende Erhebungslinie bis zu diesen beiden Punkten verlängert hat. Bestätigte sich das, so würden jene zahlreichen Gänge als Ausläufer dieser Haupt-eruption zu betrachten sein. Könnte man aber auch gegentheils die Unstatthaftigkeit einer so massenhaften Ausdehnung nachweisen, so würden dennoch meine Folgerungen hinsichtlich des Metamorphismus ihre volle Gültigkeit behalten, denn es kommt nur auf den Unterschied eines normalen Metamorphismus von geringer Intensität von jenen kräftigen Metamorphosen an, welche allemal das Resultat der unmittelbaren Nähe heissflüssiger Agentien sind, und an solchen fehlt es hier keineswegs.

§. 11. Ehe wir zum zweiten Abschnitt übergehen, will ich noch bemerken, dass das Hauptstreichen der Schiefer und Kalksteine zwischen der *Bathia* und *Pissevache* Stde. 2 bis 3, also parallel dem Erhebungssysteme der westlichen Alpen ist, wozu auch das ganze angränzende Gebirgssystem gehört. Ihre Schichten schiessen vermöge der starken Aufrichtung 70 bis 80° in Ost ein. Die einzige Ausnahme hiervon findet sich an der Mündung des Trient, wo die Schichten ein geringes Einschies-sen nach West haben; und man kann bei einer solchen stätigen Lagerung nicht wohl voraussetzen, eine Reihe von Gebirgs-erschütterungen habe verschiedene gleichalterige Gesteine aus ihrer natürlichen Stellung gebracht, so, dass die idokrasführenden Kalksteine den schwarzen Kalksteinen im Dransethale bei

Martigny äquivalent und der Petrosilex an der Cascade von *Pissevache* eine von denen der Bathia losgerissene Scholle wäre. Viel einfacher ist es, mehrfache Wiederholungen äquivalenter Gesteine anzunehmen; und dann hat man auch gleich eine Analogie dieses jurassisch-alpinischen Systems mit dem von *Valorsine*, worin *Saussure* drei Normalreihen von Schiefern, drei andere von Sandsteinen und Conglomeraten und zwei von Kalksteinen aufgestellt hat.

Zweiter Abschnitt.

Resumé. Allgemeine Theorie des Metamorphismus.

§. 12. Die im ersten Abschnitt aufgeführten Schichtgesteine kann man, so lange sie als unverändert vorausgesetzt werden, folgendermassen eintheilen:

A) Schwarzer Kalkstein von der Bathia; s. §. 4.

B) Die mächtige Schieferablagerung von der Bathia bis eine halbe Viertelstunde oberhalb des Trient, welche ziemlich in der Mitte dieser Erlängung einige Kalksteinlager einschliesst; s. §. 5, 6, 7, 8.

C) Sandsteine und Conglomerate oberhalb des Wasserfalles von *Pissevache*, mit einigen Schiefereinlagerungen; s. §. 9.

D) Die Schieferablagerung, wie *B)*, in ihrer Erstreckung bis *Miéville*; s. §. 9.

E) Einige unbestimmte Gesteine zwischen *Miéville* und dem *St.-Barthélemy*, s. §. 10.

Dahingegen kann man in Bezug auf stattgehabte Metamorphosen folgende Hauptunterschiede derselben machen:

1) Bituminöser Schieferthon durch Erhitzung in Thonschiefer umgewandelt, s. §. 5.

2) Gewöhnlicher Dachschiefer (*ardoises*) in gefritteten, fettigen, mehr oder minder in seiner Farbe veränderten Schiefer (*schistes*) verwandelt; s. §. 5, 6, 7.

3) Dachschiefer durch starke Frittung oder angehende Schmelzung in Petrosilex umgeändert; s. §. 5, 6, 7.

4) In Quarzgängen eingeschlossene Schieferfragmente auf dem Wege der Krystallisation in Chloritschiefer verändert; s. §. 6.

5) Dachschiefer in grünen mehr oder minder felsitischen Schiefer von sehr schwankender Textur verwandelt; s. §. 6, 7, 8.

6) Dasselbe Gestein durch eine Durchziehung und Krystallisirung von Glimmer und Felsit in felsitischen Glimmerschiefer oder porphyrartigen Gneiss; s. §. 8, 9.

Endlich

7) Schwarzer Kalkstein auf dem Wege der Krystallisation in weissen, körnigen oder salinen Kalkstein mit oder ohne Idokras; s. §. 8.

Alle diese Wirkungen sind, obschon sehr verschieden, doch keineswegs irgend einer Lokalität besonders angehörig und übrigens sind sie auch so auffällig, dass man, mit wenig Ausnahmen, bei denselben Grundbedingungen schon *a priori* auf die Wiederholung der einen oder der anderen von ihnen schliessen kann, wie man im Folgenden sich überzeugen wird. Nun ist es aber natürlich, dass, wenn man sich mit den Umwandlungen und Processen beschäftigt, welche ein Gestein hat durchlaufen müssen, man vor allen Dingen die Beschaffenheit dieses Gesteins selbst vollständig und genau kennen muss, falls man richtige Schlussfolgerungen ziehen will. Wir müssen uns daher gleichfalls erst mit der Natur unserer Hauptgesteine, des Thonschiefers und des Kalksteins hinlänglich bekannt machen.

§. 13. Welches ist die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers? Aus welchen Gemengtheilen besteht er? Und ist er an und für sich ein metamorphisches Gestein? Das sind die Fragen, die wir hier zunächst zu beantworten haben.

Der Thonschiefer ist wegen seiner geognostischen Wichtigkeit sehr oft auf seine chemischen Bestandtheile untersucht worden. Wir heben davon folgende Hauptanalysen heraus von folgenden Lokalitäten: Dusmeniss in Devonschire (*a*) nach Stokes; Gaggenau in Baden (*b*) nach Holzmann; Niederselters in Nassau (*c*) nach Wimpf; Goslar am Harz (*d*), Ben-

dorf bei Cöln (*e*) und Lehesten in Thüringen (*f*) nach *Frick*
und Prag in Böhmen (*g*) nach *Pleischel*:

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
Rieselsäure . . .	59,40	64,30	79,20	60,00	62,30	64,60	67,50
Thonerde . . .	17,40	23,90	10,40	14,90	16,90	17,10	15,89
Eisenoxyd . . .	11,60	9,70	6,30	9,00	8,40	7,40	5,85
Talkerde . . .	2,20	—	—	4,40	2,30	2,30	3,67
Kalkerde . . .	2,10	—	—	0,50	0,20	0,20	2,24
Nali . . .	—	—	—	2,70	3,30	2,90	1,23
Katron . . .	—	—	—	—	—	—	2,11
Stronterde . . .	—	—	—	—	—	—	0,30
Manganoxyd . . .	—	—	—	—	—	—	0,08
Kupferoxyd . . .	—	—	—	0,20	1,20	0,30	—
Kohlens. Kalk . . .	—	—	—	2,40	0,10	0,50	—
Kohle . . .	—	—	—	1,30	0,90	—	—
Wasser . . .	6,40	2,20	2,80	4,40	4,00	4,10	1,13
Flusssäure . . .	—	—	—	—	—	—	
Phosphorsäure . . .	—	—	—	—	—	—	
Verlust . . .	0,90	—	1,30	0,20	0,40	0,60	—
	100,00	100,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Hiernach könnte man diese sämtlichen Gesteine als wirkliche Silikate ansehen, worin die Säure dreimal so viel Sauerstoff enthielte, als die Basis? Herr *Pleischel* behauptet diess allerdings, seiner Analyse nach; allein dann müsste man ganz von dem Wasser absehen, welches, in so geringer Menge vorhanden, gar nicht als chemisch gebunden erscheint. Nun hat auch Herr *Frick* die interessante Entdeckung gemacht, dass diese Gesteine durchaus nicht homogen sind; bei der Behandlung mit Salzsäure löst sich nämlich nur ein Theil in der Säure auf; ein anderer bleibt unlöslich zurück. An auflöslichen Bestandtheilen enthält der Thonschiefer von

Goslar ungefähr 29 bis 30%

Bendorf — 26,1 % und

Lehesten — 23,6 bis 25,3 %.

Der auflösliche Antheil besteht in dem Thonschiefer von

Goslar Bendorf Lehstein

aus

Rieselsäure	23,00	22,40	22,20
Thonerde	16,20	19,40	21,50
Eisenoxyd	20,40	27,60	27,50
Talkerde	11,60	7,00	8,30
Kalkerde	4,60	2,40	1,20
Kali	1,90	2,40	1,60
Kohlensäure u. Aq.	22,30	18,80	17,70

100,00 100,00 100,00

hingegen der unauflösliche Antheil bezüglich aus

Rieselsäure	75,00	77,10	77,70
Thonerde	14,30	16,00	15,70
Eisenoxyd	4,90	1,50	1,30
Talkerde	1,50	0,60	1,30
Kalkerde	0,30	0,30	0,60
Kupferoxyd	0,40	0,20	0,40
Kali	3,40	3,90	3,00
Kohle	0,20	0,40	—

100,00 100,00 100,00

Auf dieses bemerkenswerthe Verhalten werde ich weiter unten noch einmal zurückkommen. Zu verkennen ist es übrigens nicht, dass die Zusammensetzung dieser Gesteine immer noch gleichartig genug ist, um auch bei ganz verschiedenen Lokalitäten immer dieselben Metamorphosen wiederkehren zu lassen, und eben darin beruht der allgemeine Charakter, den alle derartigen Erscheinungen mehr oder weniger an sich tragen.

Alle obigen Analysen betrafen indess nur Thonschiefer aus dem Uebergangsgebirge; es war mir daher wünschenswerth, zu wissen, ob die jurassisch-alpinischen Schiefer wesentlich davon abwichen, oder nicht. Auf meine Bitte liess Herr *Regnault* unter seinen Augen an der Königlichen Bergschule ein Fundstück aus der Umgebung der Hütte von *Allemont* analysiren. Diese Analyse ergab

Kieselsäure	60,40
Thonerde	21,40
Eisenprotoxyd	6,20
Talkerde	0,20
Kalkerde	0,20
Kali	4,60
Wasser, Kohle und flüchtige Stoffe	7,00
	100,00,

also sehr übereinstimmend mit den anderen, so dass man zwischen dem alpinischen und dem Uebergangsthonschiefer keinen chemischen, ja nicht einmal einen mineralogischen Unterschied mehr begründen kann, und es müssen sich demnach die Erscheinungen in den Alpen in älteren Formationen, und umgekehrt, wiederholen können.

Will man nun die Metamorphose des Thonschiefers selbst ins Auge fassen, so kommt es zunächst darauf an, ob man denselben als einen schieferigen Thon angesehen wissen will, der aus irgend einer Ursache seine ursprüngliche Plastizität verlor, oder nicht. Bekanntlich verliert der Thon seine Plastizität schon durch eine Erhitzung von etwa 40° *Pyr.* (nach *Elie de Beaumont*), wobei unter den gewöhnlichen Umständen zugleich eine Verdampfung des in dem Thon enthaltenen Wassers eintritt. Ob man eine solche Calcination grade auch bei unserem Falle präsumiren solle, ist in mehr als einer Hinsicht wichtig, denn einmal hat die Annahme eines plutonischen Metamorphismus auf bedeutende Mächtigkeiten, wie sie doch manche jener Schiefergebiete besitzen, ihre Schwierigkeiten; und dann kann eine Calcination, wenn sie wirklich Statt gefunden hat, als Maassstab für die Höhe der Temperatur gelten, der das betr. Gestein ausgesetzt war. Nun findet man aber auch Gesteine gefrittet oder verglast, deren ganze Umgebung an eine Hitzeinwirkung gar nicht denken lässt; daher käme es wohl vor allen Dingen darauf an, zu ermitteln, ob eine solche Operation auf trockenem Wege habe Statt finden können oder nicht; und da hat man nun allerdings Gründe für und wider.

Die bekannten verschiedenen Thonerdesilikate nehmen mehr-

fach einen unplastischen Zustand an; ja es ist auffallend, dass natürliche Thone von ganz verschiedener chemischer Zusammensetzung Plastizität besitzen, während von zwei ganz identischen Verbindungen die eine plastisch, die andere unplastisch sein kann. In Herrn *Berthier's* „Abhandlung über den trocknen Weg“ finden sich 26 Analysen verschiedener plastischer Thone, von denen wir hier nur das Extremste neben einander stellen wollen; es besteht der Thon von

	<i>Antragues</i>	<i>Devonshire</i>
aus		
Kieselsäure	71,00	49,6
Thonerde	19,00	37,4
Wasser	9,00	11,2
	99,00	98,2

Nichts kann unähnlicher sein, als diese zwei Verbindungen, und doch sind beide, sowie auch ihre Uebergänge, im strengsten Sinne des Wortes „Thone.“

Nun vergleiche man aber einen plastischen Thon mit einem Kaolin von fast derselben Zusammensetzung, ohne Rücksicht auf geringe Spuren von Kali und Talkerde, die doch auf Plastizität keinerlei Einfluss haben.

	Thon von <i>Angleur</i>	Kaolin von <i>St.-Yrieix</i>
Kieselsäure	46,9	46,8
Thonerde	36,4	37,3
Wasser	14,8	13,0
	98,1	97,1

Diese Verbindungen sind fast ganz isomer, und doch giebt die eine davon einen kurzen, mageren, schlechtbindenden Mörtel, während die andere grade die entgegengesetzten Eigenschaften besitzt. Vergleichen wir ferner einen Thon und ein Wasserhaltiges Thonerdesilikat:

	Thon von <i>Frankfurt</i>	Halloysit von <i>St.-Sever.</i>
Kieselsäure	50,00	50,00
Thonerde	32,70	22,00
Wasser	16,00	26,00
	98,70	98,00

so finden wir zwei Körper, die in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht mehr von einander abweichen, als die beiden plastischen Thone von Antragues und Devonshire, und doch lässt sich nur der eine von ihnen mit Wasser zu Bindemittel gebrauchen. Da nun endlich auch Bole, Steinmark und Mergel, die doch als wesentlich aus Wasser abgesetzte Niederschläge anzusehen sind, durchaus keine Plastizität besitzen, so geht aus alle dem hervor, dass das Nichtvorhandensein dieser Eigenschaft nicht die Folge einer Erhitzung sein kann.

Man könnte nun eine weitere Erklärung dieses Verhaltens in der Cohäsionskraft suchen, indem solche auf dieselbe Weise wirksam gewesen sein könnte, wie bei der Umänderung der löslichen Modification der Kieselsäure in die unlösliche durch alkalische Laugen. Gingen wirklich solche Processe in einem Schieferthon vor sich, so würde daraus ein wirklicher Thonschiefer des Uebergangsgebirges oder der jurassisch - alpinischen Formation entstehen. Und wie andere Sedimentärgesteine vor ihrem jetzigen Zustande eine innere Umbildung durchmachen mussten, eben so gut kann auch der Thonschiefer das Resultat derartiger atomistischer Reaktionen sein. Das Produkt einer Frittung in Folge hoher Temperatur ist er unbedingt nicht; eher und mit mehr Recht könnte man sich eine übertriebene Geltendmachung des Metamorphismus zu Schulden kommen lassen.

Diesen Argumenten kommt nun noch das chemische Verhalten des Thonschiefers zu Hülfe. Erstens enthält mancher Thonschiefer nur 1 bis 2 $\%$ Wasser und ist daher als ziemlich wasserfreies Thonerdesilikat zu betrachten; dieser Wassergehalt steigt höchstens bis zu 4 und 6 $\%$, beträgt also noch lange nicht so viel, als in den Thonen, wo er 16 bis 19 $\%$ erreicht. Wenn sich also der Thonschiefer ursprünglich im Zustande eines rohen Thones befand, so musste solchem, wenn nicht ganz, doch mindestens zum grössten Theil sein Wassergehalt entzogen werden und dazu scheint es, müsste allerdings eine höhere Temperatur erforderlich gewesen sein. Dem kann man aber einmal den Einwurf machen, dass ja ein gewisser Druck die Entwicklung von Wasserdampf verhindern konnte; es steht aber auch zweitens mit einer gewissen Aehnlichkeit des Thons

mit dem Eisenperoxydhydrat im Widerspruch; beide besitzen nämlich geringe Verwandtschaft zum Wasser und der letztere Körper zersetzt sich in der Kälte. Es kann also eine Hitzewirkung dazu nicht schlechterdings nothwendig sein.

Herr *Berthier* hat bewiesen, dass Thon im natürlichen Zustand von kochender konzentrirter Chlorwasserstoffsäure nur zum Theil und auch nur im Fall eines grossen Thonerdegehaltes angegriffen wird. Bringt man zu der Auflösung kochende Kalilauge, so nimmt das Kali in demselben Verhältniss Kieselsäure auf, als Thonerde von der Salzsäure aufgelöst wurde, und es bleibt daher ein Rückstand, welcher dieselbe Zusammensetzung hat, wie der ursprüngliche Thon. Hiernach wäre der Thonschiefer dem Thonerdeärmsten Thone zu vergleichen und dürfte daher von Salzsäure nicht angegriffen werden; die Erfahrungen Herrn *Frick's* beweisen aber grade das Gegentheil. Diesen gemäss könnte man die Thonschiefer eher den Mergeln, die leichter löslich sind, als der gewöhnliche Thon, parallelisiren und auf eine Calcinirung derselben schliessen. Nichtsdestoweniger aber liefert die Behandlung eines Mergels und eines Thonschiefers mit Säure sehr verschiedene Resultate, die einer näheren Prüfung werth sind. Bei einem wasserfreien Mergel enthält auch der unlösliche Rückstand kein Wasser; bei dem Thonschiefer ist der lösliche Theil wasserhaltig, arm an Kieselsäure, aber reich an Basen; der unlösliche Rückstand dagegen enthält kein Wasser und einen grossen Ueberschuss an Kieselsäure, ausser Thonerde aber weniger Basen. Der Thonschiefer kann daher als eine Verbindung wasserfreier und wasserhaltiger Silikate angesehen werden, ist also keineswegs so einfach zusammengesetzt, wie der Thon. Dieselbe Zusammensetzung besitzen aber auch einige andere Gesteine, die erwiesen heissflüssigen Ursprungs sind, so die Phonolithe von Marienberg und Whisterschan, so wie nach Herrn *G. Gmelin* mancher Basalt. Wenn also eine Schmelzung im Stande sein sollte, eine unlösliche wasserhaltige und eine unlösliche wasserfreie Verbindung zu vereinigen, so musste unter dem doppelten Einfluss der Hitze und des hohen Drucks ein Theil des Wassers entfernt, der andere aber chemisch gebunden werden; und daraus entstanden denn auf Kosten des homogenen Thons Gesteine, die

unter dem Mikroskop betrachtet vielleicht mancherlei Mineralien porphyrartig enthalten.

Unglücklicher Weise kann aber auch ein wässeriger Niederschlag ganz dieselbe Zusammensetzung haben. Betrachtet man z. B. den Thonschiefer als einen ursprünglichen Kaolin, so können bei einer unvollständigen Umwandlung in Kaolin gleichzeitig wasserfreier Feldspath, und wasserhaltiger Kaolin vom Wasser mit fortgeschwemmt, zertheilt und daraus niedergeschlagen worden sein. Dass diess ein ganz möglicher Fall ist, geht deutlich genug aus folgender Analyse des Herrn *Berthier* von einem Kaolin von *Limoges* hervor. Derselbe bestand aus :

Thoniger in S ^{...} auflöslicher Theil 84,00	{	Kieselsäure	36,25	in 100 Th.	{	34,05
		Thonerde	33,35			40,00
		Talkerde	2,40			2,89
		Wasser	12,00			14,06
Unauflöslicher felsitischer Theil 16,00	{	Kieselsäure	10,84	in 100 Th.	{	67,70
		Thonerde	3,06			19,10
		Talkerde	0,54			3,40
		Kali	1,56			9,80
		100,00				100,00

woraus abermals hervorgeht, dass man auf die Zusammensetzung des Thonschiefers, so wie auf seine Aehnlichkeit mit manchen Schmelzproducten keinen gewichtigen Beweis für seine Entstehungsweise begründen kann.

§. 14. Einen haltbareren Grund könnte vielleicht der färbende Bestandtheil im Thonschiefer abgeben, in Verbindung mit der durch erhöhte Temperatur bewirkten Umbildung von plastischem Thon zu Thonschiefer.

Dieser in den meisten dunkelgrau gefärbten Schieferen auftretende färbende Stoff besteht in der Regel aus einem riechenden, flüchtigen Bitum, welches mit kaustischem Kalk bisweilen Ammoniak entwickelt. Die zahlreichen, von *Berthier* angestellten Untersuchungen fossiler Bitume haben ausserdem erwiesen, dass sie sich, wie die Steinkohle, bei der Destillation in einen kohligen Rückstand und verschiedene flüchtige Substanzen zersetzen, woraus deutlich hervorzugehen scheint, dass

alle Gesteine, welche kein Bitum mehr, sondern reinen Kohlenstoff enthalten, einer Metamorphose unterlegen haben müssen. In diesem Fall kommt es dann auch gar nicht auf den Zustand an, in welchem sich der färbende Bestandtheil in dem Thonschiefer befindet. So viel ich aus den Auszügen der *Annales des mines* von Herrn *Frick's* Analysen ersehen kann, scheint ihn derselbe als im Zustande gewöhnlicher Kohle darin vorzusetzen.

Um aber weiter Erfahrungen hierüber zu sammeln, wurden verschiedene jurassische Thonschiefer von der Bathia, von *Petit-Coeur* und *Villar-Géral*, so wie Uebergangsthonschiefer von *Sain-Bel* fein gepulvert der Destillation in einem engen Rohre ausgesetzt. Im Anfang der Operation entwickelte sich kein bemerkbarer Geruch, das Pulver behielt seine graue Farbe und an den Wänden der Röhre hatten sich einige klare Wassertropfen angesetzt. Beim Fortgang der Destillation trat eine anfangende Röstung ein und das condensirte Wasser reagirte sauer. Beim Kochen des Pulvers in Salzsäure schwammen übrigens keine öhligen Theile oben auf, wie sich solche in der Regel bei einem bituminösen Körper zeigen.

Aus diesem ersten Versuche schien schon hervorzugehen, dass in dem Gestein eine Kohle mit sehr geringem Wasserstoffgehalt vorhanden war; weil ich aber diese Substanz bei der geringen Auflöslichkeit des Schiefers nicht abscheiden konnte, so vertauschte ich damit den schwarzen Kalkstein von der Bathia, der als unmittelbarer Nachbar des Schiefers unter denselben Einflüssen gestanden haben muss.

Bei der Destillation desselben ging eine ähnliche saure Flüssigkeit über. In verdünnter Salzsäure löste er sich mit lebhaftem Aufbrausen und stiess dabei ganz kleine Bläschen aus. Behandelt man ein Stück von gewöhnlichem blauen Lias auf dieselbe Weise, so erhält man ganz grosse Blasen, ähnlich wie von Seife; die Ursache davon liegt in einer dem Wasser durch das Bitum mitgetheilten Klebrigkeit. Dieses einfachen Kennzeichens, welches man in einer langen und engen

Röhre besonders gut wahrnehmen kann, habe ich mich zur Erkennung des Bitums in auflöslichen Gesteinen stets mit gutem Erfolge bedient. Manche Körper, wie Kieselsäure, Thon und andere sehr fein vertheilte Substanzen erzeugen auch eine Art Verdickung, die man aber mit jener Erscheinung nicht verwechseln darf; nach einigen Versuchen wird der Chemiker bald mit dieser kleinen Schwierigkeit vertraut.

Der unlösliche Rückstand von diesem Kalkstein war ganz schwarz und dabei gelatinös, wahrscheinlich in Folge der Anwesenheit von Kieselsäure, von welcher sich auch die schwarze Masse durch ihr verschiedenes spezifisches Gewicht fortwährend zu trennen suchte. Um zu sehen, ob ich es in der That mit Kieselsäure zu thun hätte, dampfte ich den Rückstand bis zur Trockne ein, weichte ihn wieder mit Wasser auf, dekantirte so gut als möglich und behandelte ihn endlich mit kochendem Aetzkali. Dieses griff die schwarze Masse nicht an und die Flüssigkeit wurde, nachdem sie einige Zeit gestanden, vollkommen klar. Diese alkalische Flüssigkeit goss ich ab, behandelte sie auf gewöhnliche Weise mit Salzsäure und erhielt ein Präcipitat von reinweisser Kieselsäure.

Der neue Rückstand war von Farbe ganz schwarz, sehr fein zertheilt und deshalb chinesischer Tusche nicht unähnlich; wie diese, setzte er sich in der Ruhe zusammen; von Aether wurde er nicht aufgelöst, verschwand aber bei der Röstung unter der Muffel eines Probirofens gänzlich. Aus diesem rein passiven Verhalten geht hervor, dass der Kohlenstoff in dem Kalkstein der Bathia schwerlich chemisch gebunden sein kann; und der Kalkstein, so wie auch der ihm benachbarte, dunkle Thonschiefer könnten daher eher als sehr unreine Anthrazite betrachtet werden. Bei grösserer Feinkörnigkeit und höherem Kohlenstoffgehalt könnte der Thonschiefer sogar in Zeichenschiefer übergehn, der gleichfalls gar nicht selten metamorphisch auftritt, z. B. in den Ardennen. Wie gross übrigens der dem Thonschiefer im Allgemeinen eigenthümliche Ueberschuss an Kieselsäure und Thonerde ist, geht aus folgenden beiden Analysen hervor:

	Schwarze Kreide v.
	Ludwigstadt.
	<i>Wiegleb</i>
	<i>Fuchs</i>
Kieselsäure	64,06
Thonerde	11,00
Eisenoxyd	2,75
Kali und Natron	—
Baryterde	—
Kohlenstoff	11,00
Wasser	7,20
Verlust	3,99
	100,00
	99,94

Um mich nun aber von der Umwandlung des in den alpinischen Gesteinen enthaltenen Bitums in eine Art Anthrazit noch vollständiger zu überzeugen, nahm ich dieselben Versuche, wie vorher, mit einem schwarzen Belemniten aus dem bekannten Thonschiefer von *Petit-Coeur* vor, der sich in ziemlicher Nähe plutonischer Gesteine befindet. Unzweifelhaft enthalten solche fossile Ueberreste ursprünglich eine wasserstoffhaltige organische Materie; aber auch dieser Belemnit gab, wie der Kalkstein und Thonschiefer, nur einen schwarzen, unlöslichen, fein zertheilten Rückstand.

Wenn, nach der Ansicht der meisten Geognosten, Anthrazit als eine veränderte Steinkohle angesehen wird, so kann auch das in obigen Gesteinen enthaltene Bitum den Charakter des Anthrazits in Folge einer plutonischen Destillation angenommen haben, durch welche allerdings das Bitum, aber nicht auch gleichzeitig der kohlen saure Kalk zerstört wurde. Diese Ansicht wird auch durch die Ausscheidung gelatinöser Kieselsäure bei der Auflösung des Kalksteins in Salzsäure unterstützt; denn warum sollte sich solche freie Kieselsäure mit Kalk- und Thonerde zusammen erhitzt, nicht damit zu einem sehr basischen Kalkerdesilikat verbunden haben können, welches dann wie gewöhnlich von der Säure zersetzt wurde?

Chemiker und Geognosten aber, die von der Möglichkeit eines solchen Metamorphismus nichts wissen wollen, können allerdings einige der erwähnten Vorgänge nicht ohne Grund in

Zweifel ziehen. Es wäre z. B. anscheinend viel natürlicher, bei einer Wasserbildung, wie hier, anzunehmen, die Kieselsäure sei wie gewöhnlich im gelatinösen Zustand niedergeschlagen worden. Und ist man ganz gewiss, dass sich Anthrazit unter besonderen, bei der Zersetzung organischer Stoffe obwaltenden Verhältnissen nicht auch von selbst bilden konnte? Wirklich befinden sich auch manche Gesteine, welche mit diesen Inflammabilien in der Regel zusammen vorkommen, so offenbar in ihrem ursprünglichen, unveränderten Zustand, dass man nur schwer an eine Erhitzung derselben glauben kann. Ausserdem musste die Zersetzung eines Bitums auch unter einem sehr hohen Drucke Statt finden, der bei solchen Begebenheiten in der Erdrinde fast nie fehlte; wie soll man nun Beides vereinigen?

Das sind Alles Einwände, die sich wohl hören lassen, und wenigstens verdienen die beiden letzteren Berücksichtigung und Widerlegung. Was zunächst den betrifft, dass sich die dem Anthrazit benachbarten Gesteine noch in ihrem ursprünglichen Zustande zu befinden scheinen, so kommt Alles auf die zur Zersetzung des Bitums nöthige Temperatur an. Nach Erfahrungen des Herrn *Boussingault* wird aber der Asphalt bei 300° C. weich und zersetzt sich, bevor er noch vollkommen flüssig geworden, und die Zersetzung der fetten Oele beginnt bei ihrem Siedepunkte zwischen 300 und 320° .

Es zerlegen sich also diese Kohlenwasserstoffverbindungen mit grosser Leichtigkeit. Anders verhält es sich mit der Steinkohle, die nach *Karstens* Untersuchungen erst bei anfangender Weissglühhitze ihre flüchtigen Bestandtheile abgiebt und zu reinem Kohlenstoff reducirt wird; ein plutonisches Feuer kann daher eine völlige Austreibung des Wasserstoffgases hier nicht bewirkt haben. Die von Herrn *Regnault* untersuchten Anthrazite von *La Mure* und *Mâcot* enthalten auf 1000 Aequivalente Kohlenstoff 156 bis 227 Aequivalente Wasserstoff, welchem Mischungsverhältniss ungefähr die Formel C^5H entsprechen würde. Auch geht bekanntlich die fetteste Steinkohle durch verschiedene Zwischenstufen von dichten, mehr oder minder wasserstoffarmen Kohlen endlich in vollkommneren, fast unbrennlichen Anthrazit über. Solchen dichten Steinkohlen können möglicherweise einige der in den Schiefern enthaltenen Kohlen-

stoffverbindungen entsprechen. Endlich weiss man ja gar nicht einmal genau, welche Wirkung eine lange Zeit ununterbrochen fortdauernde Hitze auf die fossilen Oele hervorbringt; warum soll nicht, wenn die zur Zersetzung nöthige Temperatur im Moment der beginnenden Zerlegung nur um 100° überschritten worden wäre, schon da ein Theil des Wasserstoffgases fortgegangen sein, ehe noch die bei 525° C. (nach *Povillet*) beginnende Rothglühhitze eintrat? Und selbst diese Temperatur reichte noch lange nicht hin, in Kalk- und Kieselgesteinen merkliche Veränderungen hervorzubringen.

In wie weit nun eine hohe Pressung die Gasentwicklung und somit die Zersetzung der Bitume bei hoher Temperatur verhindern konnte, das wird ganz natürlich von den Umständen abhängen, unter denen ein solcher überhaupt Statt haben kann. Einige hierher gehörige Bemerkungen dürften nicht überflüssig sein. Ein poröser Körper ist bekanntlich ausser Stande, das Entweichen von Gasen zu verhindern; durch die geringsten Sprünge im Glas entweicht Wasserstoffgas; Korkstöpsel, wenn sie auch noch so sehr zusammengepresst werden, lassen die Kohlensäure von Champagner oder Mineralwässern durch und müssen deshalb mit Pech bestrichen werden; eben so verhält es sich mit Biscuitröhren, an denen *Priestley* die Beobachtung gemacht, dass die Gase durch sie mit einer Geschwindigkeit entweichen, die der Höhe der Temperatur proportional ist, so dass dieses Verhalten nicht von der Grösse oder Menge der Poren, sondern von der Expansion der Gase abhängig zu sein scheint. Bei solchen Versuchen im Kleinen, wie sie eben in Laboratorien nur angestellt werden können, wird dem Entweichen der Gase nur in so weit ein Ziel gesetzt, als ein gewisser flüssiger Zustand auch die Annäherung der Atome an einander begünstigt, die Porosität aber vermindert, weshalb man auch bei manchen chemischen Operationen zur hermetischen Abschliessung Ueberzüge von Glas oder anderen schmelzbaren Substanzen anwendet.

Sedimentärgesteine also, die doch im Allgemeinen nur geringe Dichtheit besitzen, werden daher eben so leicht frei gewordene Gase entweichen lassen. Namentlich gilt dies von leicht spaltenden Schiefern und von den Sandsteinen, die so

porös sind, dass sie selbst Wasser durch lassen; zumal, wenn das Ausströmen der Gase durch eine gewisse Temperatur, mit- hin durch grössere Expansion, und durch geringe Cohäsion der Gesteinselemente begünstigt wird. Hinderlich können allerdings im Gegentheil starke chemische Verwandtschaften wirken, wie z. B. die des Kalkes zur Kohlensäure; allein nach dem oben Gesagten hat es nicht den Anschein, als ob diess derselbe Fall bei den Steinkohlen und Bitumen wäre.

Es dürfte hier also schwerlich eine hohe Pressung als die Veranlassung zu einem solchen Vorgange anzusehen sein, und da übrigens Alles zu der Annahme berechtigt, dass sich die fossilen Bitume schon bei einer verhältnissmässig ziemlich niedrigen Temperatur zerlegen lassen, so erklären sich dadurch auch die theilweise Entbindung von Hydratwasser und Kohlenwasserstoffgas, der gefrittete Zustand des Thonschiefers und die Bildung einer Art Anthrazit als blosser Nebenwirkungen einer mässig hohen Temperatur. Damit gelangt man aber noch keineswegs zu einem unumstösslich erwiesenen Resultate; die Natur besitzt so viele Hülfsmittel, um ihre Zwecke zu erfüllen; die Kräfte, die uns in unseren Laboratorien zu Gebote stehen, sind so verschwindend klein gegen die gewaltige Zeugungskraft der Natur, dass man die in denselben gemachten Erfahrungen stets mit den aus der Geologie geschöpften kombiniren muss, um der Wahrheit in ihrem ganzen, grossen Umfange möglichst nahe zu kommen. Sehen wir also zu, ob wir vielleicht aus der Geologie, und namentlich aus der Vergesellschaftung der Gesteine, aus ihren gegenseitigen Lagerungsverhältnissen ein entscheidendes Argument schöpfen können.

Wie die Geognosie lehrt, nimmt der Thonschiefer verschiedene Stellungen gegen andere Gesteine ein. Gewöhnlich liegt er auf einer schwachen Kruste von Glimmerschiefer, dem ersten Erstarrungsprodukt der Erdoberfläche; und in den Alpen befindet er sich in der grössten Nähe gewaltiger eruptiver Massen, von denen er emporgehoben wurde, und daher gleichsam in einem Bade heissflüssiger Materien schwamm. Die Schieferthone im Gegentheil, die doch mit den Thonschiefern sonst viel Analogie zeigen, treten stets in Formationen auf, die plutonischen Einwirkungen mehr oder weniger fern liegen, sind weder

so alt, noch unter so besonderen Umständen abgelagert, wie jene und wurden in einer Periode auf die Erdoberfläche abgesetzt, wo diese schon lange erstarrt war. Diese abweichenden Alters- und Lagerungsverhältnisse berechtigen mehr als alles Andere dazu, den Thonschiefer als ein durch Hitze gefrittetes, metamorphisches Gestein anzusehen.

Da übrigens eine solche Umbildung, so wie diejenigen Vorgänge, welche damit in unmittelbarem Zusammenhange standen, im geologischen Sinne nur eine sehr geringe Erhöhung der Temperatur erforderlich machten, so konnte sich dieselbe auch auf bedeutende Mächtigkeiten erstrecken und der Metamorphismus sich auf die normalste Art und Weise entwickeln, und zwar in ganz anderer, als bei den Gesteinen, von denen weiter unten die Rede sein wird. Es käme nun noch darauf an, die Grenzen dieser Metamorphose kennen zu lernen.

Herr *Elie de Beaumont* vergleicht die Flötzgesteine der Alpen mit einem halbverbrannten Feuerbrande, dessen kohlgiger Theil sich im Innern dieser Gesteine befinden solle; und bei dem Congress in Genf bemerkte Herr *Abbé Chamousset*, dass die Gesteine der alpinischen Region von der Peripherie nach dem Mittelpunkte derselben zu immer schwärzer würden. Diess hängt mit dem bisher Gesagten eng zusammen und kann, deutlich und bestimmt ausgesprochen, zur Erklärung der betreffenden Erscheinungen viel beitragen.

Nehmen wir z. B. an, eine bestimmte Erhebungsaxe, wie die des *Mont-Blanc* und die vom *Bourg d'Oisans* über die *Maurienne* und *Tarentaise* bis nach *Martigny* laufende, bilde eine Erhitzungszone, so ist klar, dass von den Seiten dieser ungeheuern Gebirgserhebung ein Hitzestrom ausgehen musste, welcher sich durch die erhobenen Flötzgesteine fortpflanzte; es ist ferner klar, dass die dem Ausstrahlungspunkte der Wärme am nächsten gelegenen Gesteine auch die heftigste Einwirkung erlitten, dass dann aber die Stärke dieser Einwirkung mehr und mehr abnahm; und es ist endlich evident, dass das Gesetz dieser Abnahme in den verschiedenen chemischen Reactionen begründet ist, von denen sich noch die Spuren in den Gemengtheilen der Gesteine zeigen. Unter allen darin enthaltenen Körpern ist nun aber das Bitum grade derjenige, welcher

durch den Einfluss der Wärme am deutlichsten verändert wird, und eignet sich daher für die Beobachtungen zur Auffindung jenes Gesetzes am meisten. Hiervon ausgehend habe ich das Bitum zum Gegenstand einiger neueren Untersuchungen gemacht, die ich in Folgendem wiedergeben will.

Grenoble liegt 6 bis 7 Kilometer ($1\frac{3}{4}$ bis 2 Stunden) von der oben erwähnten Erhebungsaxe entfernt; die Citadelle der Stadt steht auf einem Felsen von dichtem Kalkstein, der unseren Geognosten unter dem Namen des Kalksteins der *Porte-de-France* wohl bekannt ist. *Herr Gras* fand auf Klüften und in Drusenräumen dieses Kalksteins ein riechendes, flüssiges Steinöl, welches sich von selbst in einen flüchtigen Stoff und einen klebrigen Rückstand zersetzt. Die Schichten dieses Kalksteins sind an der Oberfläche ebenfalls mit einer schwarzen, pechartigen und mit dicker Flamme brennenden Masse überzogen, die sogar in Form kleiner Adern in das Gestein hineingedrungen ist; und wie ich mich ausserdem überzeigte, ist die ganze Kalksteinmasse durch ein ähnliches, mit Salzsäure leicht abzuscheidendes Bitum braun gefärbt. Bei diesem Reichthum an wesentlich flüchtigen Bestandtheilen kann dieses Gestein also keiner hohen Temperatur ausgesetzt gewesen sein. Dasselbe Verhalten zeigt übrigens auch der Kalkstein von *Corenc*, einem Dorfe in der Nähe von *Grenoble*, welches ziemlich in derselben Entfernung von den Eruptivgesteinen liegt.

Von *Grenoble* nach *Goncelin* oder vielmehr auf der Höhe nach *Bramefarine* zu steht wieder Kalkstein an, von den krystallinischen Gesteinen bei *Allevard* in einer Entfernung von nur 4 bis 5 Kilometer ($1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Stunde); er ist nicht mehr bräunlich, sondern ganz schwarz gefärbt, stösst in Salzsäure aufgelöst ganz kleine Bläschen aus und hinterlässt, wie der Kalkstein der *Bathia*, einen Rückstand von feinertheiltem Kohlenstoff.

Der schwarze Ammonitenkalkstein endlich auf dem Ufer der Breda jenseit *Allevard*, höchstens 1 Kilometer ($\frac{1}{4}$ St.) von der Erhebungslinie des Gebirgs, scheint ebenso wie der vorige wenig bituminös zu sein; allerdings macht auch sein grosser Ueberschuss an Kieselsäure die chemischen Reaktionen etwas unsicher.

Ich erwähne noch als hierher gehörige Erscheinungen die „brennende Quelle“, eine der sieben Wunder der Dauphiné, und das Anthrazitlager von *la Mure*.

Die brennende Quelle liegt in der Gemeinde *St.-Barthélemy* auf dem linken Ufer der *Gresse* oberhalb *Vif*; ihre Entfernung von den krystallinischen Gesteinen, die sich von *la Mure* bis nach *St.-Théoffry* erstrecken, beträgt ungefähr 10 Kilometer (gegen 3 Stunden).

Das Anthrazitlager hingegen liegt gewissermassen in einem durch die Erhebungsaxe von *St.-Théoffry* und durch die an der *Romanche* nach *Chichilienne* hin endigenden Axe gebildeten plutonischen Bassin, also fast in unmittelbarer Nähe der eruptiven Gesteine, so dass man darin schwerlich eine Spur von Kohlenwasserstoffverbindungen finden wird, während die brennende Quelle weiter nichts als ein ununterbrochener, aus dem Kalkstein hervorbrechender Strom von etwas bituminös-riechendem Kohlenwasserstoffgas ist.

Diese, sowie die Beobachtungen an den Gesteinen von *Villar-Géral*, *Petit-Coeur* und der *Bathia*, führten mich zu weiteren Untersuchungen, namentlich dazu, auszumitteln, ob nicht in dem Verhalten der Kohle im unmittelbaren Kontakt mit den Feldspathgängen von *Martigny* eine noch intensivere Einwirkung sich erkennen liesse? In dem Petrosilexschiefer und dem Idokrasführenden Kalkstein, von denen ich mir Stücke mitgenommen hatte, entdeckte ich bei näherer Prüfung sogleich Graphitblättchen von ebenso lebhaftem metallischen Glanze, wie ihn der auf den Gängen eines Hohofens aufschwimmende besitzt. Dass es wirklich Graphit war, ging daraus hervor, dass einige Blättchen auf einem Probirscherben unter der Muffel eines Probirofens erhitzt nach und nach ohne den geringsten Rückstand verbrannten.

Im unmittelbaren Kontakt mit den Felsitgängen ist also das Bitum nicht allein zersetzt, sondern auch sein kohliges Rückstand in Graphit verwandelt; dieselbe Beobachtung machte auch *Elie de Beaumont* im Engpass von *Chardonnet*. Weiterhin bis auf höchstens 4 bis 5 Kilometer Entfernung ist das Bitum in gewissen Fällen mehr oder weniger in Anthrazit umgewandelt; endlich in einer Entfernung von 6 bis 7 Kilometer hat

das Bitum gar keine Zersetzung erlitten, wie bei *St.-Barthélemy*, *Corenc* und *Grenoble*. Beiläufig erwähnt, erklären diese Entfernungen auch das Auftreten des Anthrazits in dem Oxfordoolith der Alpen. Uebrigens zeigt der Kalkstein des Gipfels vom *Mont-Thabor* ganz dieselben Erscheinungen, wie die erwähnten; er enthält nämlich keine Spur von Bitumen, obwohl er in geognostischer Hinsicht dem Kalkstein der *Porte-de-France*, d. i. den obern Gliedern des Jura, äquivalent ist. Es muss also das ganze jurassische Gebiet der unteren Alpen dem Einflusse einer Temperatur ausgesetzt gewesen sein, die das Bitum zu zerstören im Stande war.

Alle diese Angaben sind aber noch zu unvollständig, sie sind je nach der Beschaffenheit des Flötzgesteins, der Mächtigkeit der Eruptivgesteine und dem Verhalten der darin aufsetzenden Gänge so variabel, dass sie noch nicht die Grundlage zu einer richtigen Theorie bilden können. Auch habe ich z. B. im Thale von *Graisivaudan*, zwischen dem Gebirge von *Grenoble* und *Goncelin* fortlaufende Ablösungen nicht berücksichtigt; ich liess die Entfernungen horizontal messen, während es doch hauptsächlich auf die Mächtigkeit der Schichten ankommt; in dieser Hinsicht giebt z. B. *Herr Gras* an, dass man im Thale des *Drac*, wo die jurassischalp-inischen Bildungen sehr entwickelt auftreten, die ganze Mächtigkeit aller Straten zwischen dem krystallinischen Schiefergebirge und den kalkigthonigen Lucinen- oder Posidonienschiefern (*Lias*), welchen die Gase der brennenden Quelle entströmen, annähernd auf 1500 bis 2000 Meter schätzen kann. Man wird sich also hauptsächlich an die Beobachtung der in einer und derselben Schicht erfolgten Umbildungen halten und sich unter Anderem überzeugen müssen, ob solche nicht vielleicht Bitume enthalten, aus deren Ueberschuss an Kohlenstoff Graphit geworden ist; und man wird solche Beobachtungen auch an mehreren verschiedenen Gliedern zu machen haben. Diese Untersuchungen müssen aber sämmtlich den in den Alpen wohnhaften Geognosten, wie den *Herren Studer, Escher, Chamousset, Favre* und *Gras* überlassen bleiben; sie allein besitzen jene gründliche Kenntniss der Lokalitäten, die hierbei unumgänglich nothwendig ist, und können auch die betreffenden Punkte öfterer besuchen.

Sonst wird man auch nie zu der Bestimmtheit gelangen, die in die Theorie des Metamorphismus durchaus gebracht werden muss, will man sich anders von den banalen Redensarten losmachen, aus denen Nichts zu lernen ist, die vielmehr nur dazu dienen, die interessantesten Beobachtungen über die Oberflächenveränderungen unseres Planeten unbestimmt und schwankend zu machen. — Zu mehrerer Sicherheit muss die Zersetzung des Bitums in den Alpengesteinen mit Beobachtungen in Steinkohlenbassins verglichen werden. Es gilt z. B. für ausgemacht, dass in dem Bassin von *Valenciennes* die Kohlenflötze mit zunehmender Teufe immer anthrazitischer werden, woraus hervorgehen würde, dass sich die Kohlenschichten auch in den tiefen Gliedern des Bassins wiederholen. Würde aber nicht grade diese Wiederholung dem früher Gesagten grade widersprechen oder würde nicht vielmehr die Zusammensetzung dieser Steinkohlen und der sie einschliessenden Schichten die Abnormalität in ihrer Lagerung vollständig erklären können?

Es bleibt endlich, um den Einfluss der Wärme bei der Bildung der Schiefer (*ardoises*) vollends fest zu stellen, noch übrig, sich zu überzeugen, ob ihre verschiedenen Beschaffenheiten, ihre Aggregatzustände mit den oben erhaltenen Resultaten in Einklange stehen. Hierzu dürfte folgender Gang der Untersuchung am besten zum Zwecke führen. Nachdem man vorläufig die Art des Einflusses einer mittleren Temperatur auf die färbenden Bestandtheile untersucht, hat man sich sodann von dem Einfluss einer hohen Temperatur zu überzeugen; hierauf würden die Wirkungen einer einfachen Schmelzung der Schiefer und dann natürlich die zusammengesetzteren Erscheinungen der Krystallisation folgen; schliesslich müsste die Untersuchung auf die Stadien einer gewissen kaolinischen Zersetzung der Schiefer und der meisten, einer hohen Hitze ausgesetzt gewesenen Kieselgesteine gerichtet sein.

§. 15. Da der Einfluss einer niederen Temperatur im Allgemeinen sehr unsichere Resultate erzeugt, so lassen sich solche auch nur durch eine langwierige Beweisführung auf die Grundursache ihres Vorhandenseins zurückführen. Wir wollen daher jetzt lieber die übrigen, minder problematischen Erschei-

nungen ins Auge fassen, in der Ordnung, wie sie von Martigny nach dem Trient hin selbst auf einander folgen.

Wie wir schon früher bemerkten, werden die grauen Schiefer der *Bathia* in der Nähe der Feldspathgänge auf einmal grünlich, sehr hart und fettig. Diese neuen Zustände drücken ebenfalls einfache Fälle des Metamorphismus aus, oder sie haben, mit anderen Worten, nach der Umwandlung des Schieferthons in Thonschiefer, die geringste Hitze zu ihrer Entwicklung bedurft. Von den beiden stattgefundenen Wirkungen, der Veränderung der Farbe und der Frittung, nehmen wir zunächst die erstere vor.

Die schwärzliche Farbe der Schiefer von Martigny geht allmählig in eine mehr oder minder schmutziggrüne über, wahrscheinlich in Folge der Verbrennung des Anthrazits. Letztere ist übrigens als ein durch Eindringen von Sauerstoff in das Gestein bedingter Röstprocess zu betrachten; oder sollte vielleicht der Anthrazit eine theilweise Reduktion des Eisenperoxyds bewirkt haben, das ursprünglich einen Bestandtheil der Schiefer ausmachte? Eine vollkommene Reduktion zu metallischem Eisen konnte allerdings deshalb nicht Statt finden, weil die reduzierende Wirkung des Kohlenstoffs durch die Verwandtschaft der Kieselsäure zum Eisenoxyd in hoher Temperatur kompensirt wurde. Es entstand also ein Silikat, das nur durch die gleichzeitige Einwirkung einer hohen Temperatur, eines grossen Ueberschusses an Kohle und einiger starker Basen zerlegt werden konnte; als Beispiel kann man hier die gleichfalls oft grün gefärbten Hohofenschlacken anführen, bei denen freilich die Bedingungen zu einer vollständigen Reduktion der Oxyde weit günstiger sind, als bei der Mehrzahl der metamorphischen Gesteine.

Angenommen auch, diese Erklärung sei die richtige, so darf man doch wiederum nicht vergessen, dass manche Schieferthone von Haus aus grün gefärbt sind; besonders reich an solchen Beispielen sind die Schichten des bunten Sandsteins, und ausserdem können auch Schichten aller anderen Formationen dieselbe Färbung besitzen. Darin liegt vielleicht auch die Veranlassung zu den Flecken von ausserordentlich intensiv grüner Färbung, die sich in den blauen Schiefen der Ardennen

befinden und ihre grösste Dimension stets in der Fallrichtung des Gesteins erlangen; darin vielleicht auch der Grund zu der Wechsellagerung des grünlichen Thonschiefers mit violetten und bläulichen Schiefern am rechten Ufer der Maas gegen *Charleville* zu; endlich findet man darin wohl auch eine Erklärung der grünen Streifen im Schieferbruch der St. Annenmühle bei *Fumay*, die allen wellenförmigen Biegungen der Schichtung folgen, welche letztere hier übrigens nicht im Geringsten von der Schieferstruktur abhängt.

Wie man diess auch nehmen mag, keineswegs folgt daraus, dass alle grünen Schiefer diese Färbung ursprünglich besessen haben; dagegen spricht schon unbedingt die innige Wechselbeziehung zwischen manchen so gefärbten Gesteinspartien und den Eruptivgesteinen. Graue oder blauliche Schiefer nehmen z. B. diese Färbung eben nur in deren Nachbarschaft an; noch mehr, man findet bei einer und derselben Schicht das eine durch einen Gang begränzte Ende grün gefärbt, während das andere seine graue Farbe behalten hat. Hier ist es also augenscheinlich, dass die Färbung nicht bei der Niederschlagung aus Wasser, sondern erst durch die Einwirkung einer hohen Temperatur entstanden ist.

Wie günstig auch der Verbrennung der Kohle die Verhältnisse sein mochten, unter welchen die Schiefer auftreten, so wurde dieselbe doch nicht immer ganz verzehrt. Ich habe schon, §. 14, erwähnt, dass ich auf einigen stark veränderten Schiefern und Kalksteinen von *Martigny* Graphitblättchen fand; und überhaupt ist das Vorkommen von Graphit gar nicht so selten, als man gemeinhin glaubt; nur tritt er nicht in so zarten Flitterchen und so unter anderen krystallinischen Gemengtheilen verstreut auf, dass er dem Auge leicht entgeht. In der Regel befindet er sich an solchen Punkten, wo die Schiefer durch eine in Fluss begriffen gewesene Masse eingehüllt und erweicht worden sind; wenigstens scheint mir, dass nur bei hoher Temperatur und unter einem grossen Drucke die Umwandlung der Kohle in Graphit möglich wurde. Die Schiefer von *Sain - Bel* enthalten ebenfalls Graphit.

Bei dem Uebergang in Graphit erlitt die Kohle jedenfalls eine bedeutende Volumsverminderung, und diese kann gleichfalls

die Farbenwandlung der Schiefer bedingt haben. Wenn nämlich die gleichmässige Vertheilung der Kohle in dem Gestein, vermittelt deren sie eben nur den färbenden Bestandtheil ausmachen konnte, einer Concentration der Theilchen zu einigen wenigen grösseren Anhäufungen Platz machte, so musste auch die ursprüngliche dunkle Färbung des Silikatgesteins wegfallen, und auf seiner weiss oder grün gewordenen Grundmasse erscheint dann die Kohle nur in dunklen Flecken, die man eben nur auf diesem theoretischen Wege zu erklären vermag. Endlich können auch noch verschiedene andere Ursachen, wie die Röstung des Gesteins, die Verbrennung der Kohle auf Kosten des Sauerstoffs des Eisenperoxyds und die Volumskontraktion der Kohle bei ihrem Uebergange in Graphit, die grünliche Färbung der Schiefer mit veranlasst haben; das wird sich nach den jedesmaligen Lokalverhältnissen leicht beurtheilen lassen.

Die Schiefer von *Martigny* sind wegen ihres geringen Eisenoxydgehaltes im Allgemeinen nur schwach grün gefärbt, da von diesem natürlich die Intensität der Färbung abhängt. Weil er darin aber auch sehr schwankend ist, so entsteht daraus eine sehr mannigfaltige grüne Nuancirung vom dunkelsten Grün bis Weiss, in welchem letzteren Fall der Schiefer also ganz entfärbt ist. Dieses gänzliche Verbleichen muss allerdings öfters einer Einwirkung von Schwefelmetallen zugeschrieben werden; da dieser besondere Fall aber *Martigny* nicht angeht, so will ich die Erläuterung desselben zu einer anderen Gelegenheit aufsparen.

Ausser in *Martigny* tritt grüner Schiefer noch an vielen anderen Lokalitäten auf; eine Aufzählung derselben würde aber zu weit führen, um so mehr, als man dazu auch noch die Chlorit- und andere grün gefärbte Schiefer rechnen müsste, die, wie wir bald sehen werden, ebenfalls ursprünglich Thonschiefer gewesen sind. Ich begnüge mich, nur den *Lyonnais*, die Alpen und Toskana namentlich aufzuführen, weil in diesen drei Gegenden die Entwicklung der grünen Schiefer sehr verschiedenen Bildungsepochen, nämlich der Grauwacken-, der Jura- und der Kreideperiode angehören. Ebenso wenig, als man dieselben als einer bestimmten Flötzformation ausschliesslich zugehörig betrachten darf, kann man die eigenthümliche Färbung der

Einwirkung plutonischer Massen von alleiniger besonderer Beschaffenheit zuschreiben; denn im *Lyonnais* sind es porphyrische Eruptionen, in den Alpen und in Toskana verschiedene eruptive Serpentine, in deren Nachbarschaft die Schiefer ihre grüne Farbe angenommen haben. Diese Unabhängigkeit von der Periode der Bildung und der Natur der störenden Eruptivmassen ist sehr interessant.

§. 16. Es ist eine hinlänglich bekannte Thatsache, dass die Thone sich in der Hitze zusammenziehen (schwinden) und zwar um so mehr, je grösser die Hitze. Sind sie homogen, so erfolgt das Schwinden in allen Richtungen gleichmässig; bei verschiedener Dichtigkeit oder verschiedener chemischer Zusammensetzung ihrer Grundmasse aber ist die Volumsverminderung in einer Richtung stärker, als in einer anderen und es tritt dann bisweilen eine ziemlich auffallende Krümmung oder Verdrehung ein. Auch diess findet auf die Schiefer, und zwar nach den Umständen auf verschiedene Weise Anwendung.

Die Contraktion hat zuerst eine Zusammenziehung der Schieferlamellen in ihrer Dickendimension zur Folge und erzeugt daher bisweilen eine ausserordentliche Zartheit derselben. Sehr oft kann nun auch hier die Zusammenziehung in verschiedenen Richtungen verschieden stark sein; davon hat man ein sehr bezeichnendes Beispiel in den ebenen, sehr kohlenstoffreichen Schiefern von *Chalanches*, wo die schönen Abdrücke von Anularien nicht kreisrunde, sondern deutlich elliptische Rosetten bilden.

War die Volumsverminderung zugleich mit einer Verkrümmung verbunden, so pflanzte sich solche zuweilen bis in die feinsten Lamellen fort und es entstanden dadurch generbte (*rugueux, chagrinés*) Schiefer, wie sie sich an einigen Punkten im *Lyonnais* finden. Vielleicht gehören hierher auch die grünlich grauen, sogenannten körnigen Schiefer (*ardoises grenues*) zwischen *Rimogne* und *Monthermé* in den Ardennen, die einem Abbau unterworfen worden sind.

Aus einer solchen Verkrümmung erklären sich auch noch mehre Umstände bei den gewundenen Schiefern, die mit diesem Gewundensein nicht recht in Einklang zu bringen waren. *Hall* erklärt dasselbe bekanntlich durch einen lateralen Druck bei der

Emporhebung der Schichten und machte, um sich von der Richtigkeit seiner Hypothese zu überzeugen, einen Versuch mit übereinander geschichteten Zeuchstücken, wie allen Geologen wohl bekannt sein wird. Später beschäftigte sich auch Herr *Elie de Beaumont* hiermit und bemerkte, dass die gefalteten Schiefer aus einer Reihe ganz dünner Schuppen beständen, die regelmässig in einander gefügt seien und deren aufgerichteter Theil sich so weit verlängere, dass sie nur in einer einzigen Richtung gekrümmt schienen und sich daher durch gewisse Punkte eine grade Linie legen lasse. Man kann daher diese regelmässigen Lamellen als abwickelbare Flächen betrachten und Beaumont schloss daraus sehr scharfsinnig, dass die gebogenen Schiefer aus den Händen der Natur gradflächig hervorgegangen seien und erst später ihre gewundene Form angenommen hätten. Dass hierin, wie allemal, wenn man den geometrischen Maassstab an die Werke der Natur legen will, sich Unregelmässigkeiten herausstellen, erklärt sich sehr leicht durch Brüche oder Quetschungen, welche mechanische Kräfte in den Flötzgesteinen nach ihrer Ablagerung hervorbrachten.

Unter so bewandten Umständen konnte man über den Zusammenhang der Fältelung mit den übrigen Erscheinungen noch nicht ins Reine kommen. Wirklich findet man jene Unregelmässigkeiten so weit im Kleinen wiederholt, sie weichen dann so sehr von den grossen Windungen der Schichten ab, oder mit andern Worten, konkave und konvexe Fältchen verwirren sich so, dass man solche kleine Wirkungen unmöglich so grossen Ursachen beilegen kann, wie *Hall* und *Elie de Beaumont* es gethan haben. Dagegen erklärt sich das Alles recht leicht aus einem durch unregelmässige Volumskontraktion bedingten Einschrumpfen, und man wird der Wahrheit daher wohl am nächsten kommen, wenn man annimmt, dass die grossen Windungen der Gesteine allerdings von mechanischen Kräften, die einzelnen kleinen Fältelungen aber durch eine Wanderung der Moleküle hervorgebracht worden seien, welche beide Wirkungen auch so stufenweis in einander übergehen, dass man eine scharfe Grenze zwischen ihnen unmöglich ziehen kann. Natürlich ist hierbei gänzlich von dem Fall abgesehen, wo die ursprüngliche Schichtung der Schiefer durch eine Ueber-

lagerung plutonischer Gesteine gestört wurde, die zum Theil in dieselben hineindringen und dadurch eine Aufschwellung verursachen. Auch hierauf werden wir später noch einmal zurückkommen.

Die erwähnten Ursachen erzeugen also bestimmt eine wellenförmige Oberfläche, die wiederum mit kleineren, ebenmässig gerichteten Fältelungen verbunden ist; man hat für solche Gesteine die Bezeichnungen „gefältelt“, „gewunden“, „wellenförmig“, „gerunzelt“ (*gaufrés, plissés, froncés, ridés*). Als Beispiele führe ich die Schiefer von *Villar-Géral*, die (lokal *lauzes* genannten) von *Landry* in der *Tarentaise*, die den oberen Antraziten angehören, und die sandigen und Glimmerreichen vom *Mont-Mayen* bei Allevard an. Die braunen Grauwackenschiefer von Hörmersdorf in Sachsen, so wie einige von *Sain-Bel* etc. gehören gleichfalls hierher.

§. 17. Bis zum anfangenden Weichwerden erhitzte Thone nehmen eine griesige, sandsteinartige Beschaffenheit an; sie werden fettig glänzend und lassen sich nicht mehr weich anfühlen.

Dem analog kann nun auch der Thonschiefer, wenn er derselben Operation in der Natur ausgesetzt wurde, diese physikalischen Charaktere sich angeeignet haben. Tritt gleichzeitig eine grüne Färbung hinzu, so wird der Schiefer wirklich Talkartig, und diess grade ist der Fall der Schieferpartien bei *Martigny*, die mit Feltsitmassen verflösst sind. Diese sind in hohem Grade durchscheinend und fettig, zeigen unter dem Mikroskop eine unebene, mit abgerundeten, warzenförmigen Vorsprüngen bedeckte Oberfläche und besitzen durch ihren splittrigen Bruch ganz das Ansehen von Serpentin.

Wirkt dagegen eine hohe Temperatur auf eine geschichtete Masse von einiger Mächtigkeit ein, so werden die einzelnen Schichten mit einander verschmelzen. Diess geht jedoch gewöhnlich nicht so weit, dass man sie nicht mehr von einander unterscheiden könnte, und zwar deshalb, weil bei einer geringen Aufhebung der die Schieferstruktur bedingenden Stätigkeit der Zusammenhang natürlich immer noch nicht so gross

ist, als zwischen den Theilchen jeder einzelnen Lamelle. So fand man nach dem grossen Brande von 1842 in den Magazinen Hamburgs Haufen von Glasscheiben, die vollkommen zusammengeschmolzen, im Einzelnen aber doch so weit erhalten waren, dass der Haufen eine schiefrige Textur besass. Es kann also auch eine vollkommene Schmelzung die schiefrige Textur nicht so ganz vernichten, dass sie in dichte überginge; vielmehr liegt zwischen vollkommener Heissflüssigkeit und blosser Erweichung eine Reihe von Zwischenzuständen, die theils durch die eben wirksame Temperatur, theils aber auch durch den Grad der Schmelzbarkeit der Materie bedingt werden. Endlich musste auch, unabhängig hiervon, eine Einwirkung sehr hoher Hitze entweder vollständige Undurchsichtigkeit, oder einen gewissen Grad von Durchscheinheit oder gar vollkommene Durchsichtigkeit des Gesteins zur Folge haben, je nachdem durch die chemische Zusammensetzung, so wie durch die Art der Erkaltung eine dem Durchlassen von Lichtstrahlen mehr oder minder günstige Anordnung der Moleküle bedingt wurde.

Einige dieser Erscheinungen treten uns in den Schiefen von *Martigny* entgegen. Manche davon haben ihre eigentliche Beschaffenheit fast ganz verloren; andere dagegen haben ihre Struktur gut erhalten, sind im allgemeinen stark durchscheinend und besitzen gleichzeitig jene grüne Färbung. Diess ist die Metamorphose, durch welche der Petrosilex *Saussures* hervorgegangen ist, von dem er selbst in diesen isolirten Vorkommnissen, welche manche unserer neueren Geognosten sicher mit Talkgesteinen verwechseln würden, Spuren aufzufinden wusste.

Ein Beweis für diese Umbildung der Schiefer in Petrosilex liegt übrigens in folgenden beiden Analysen, wovon die eine von *Saussure* den homogensten Petrosilex der Cascade von Pissevache, die andere, von *Regnault*, den Alpenschiefer (*ardoise alpine*) von Allemont betrifft, welche letztere schon §. 13 angezogen wurde, hier jedoch zur leichteren Vergleichung abermals Platz finden muss.

	Petrosilex	Schiefer
Kieselsäure	67,46	60,4
Thonerde	23,15	21,4
Kalkerde	—	0,2
Talkerde	—	0,2
Kohlens. Kalk	1,80	—
Kohlens. Talkerde	1,28	—
Eisenoxyd	2,06	—
Eisenprotoxyd	—	6,2
Verlust	4,25	—
Kali	—	4,6
Wasser, Kohlens., Kohle	—	7,0
	100,00	100,0

Die eine dieser Analysen schreibt sich aus der ersten Kindheit der Kunst her, während der anderen alle Hülfsmittel der neueren Chemie zu Gebote standen, und doch stimmen beide merkwürdig überein; denn beide geben einen Ueberschuss von Kieselsäure und Thonerde im Verhältniss zu den Mengen an anderen Basen an, der für den Thonschiefer gewissermassen bezeichnend ist; es ist also auch kein Grund vorhanden, warum man diese verwandten Körper von einander trennen soll. In den geringen Mengen von Kali, Kalkerde, Talkerde und Eisenoxyd, die sie enthalten, liegt der Grund zu der unvollkommenen Schmelzbarkeit dieser Schiefer, woraus sich wiederum die Erhaltung der Schieferstruktur mitten unter dem sie von allen Seiten umgebenden Einflusse felsitischer Massen erklären lässt; für uns erfüllen sie also ihren Zweck vollkommen.

Würden nun, mit färbenden Oxyden noch mehr gesättigte Stoffe einer ähnlichen Erhitzung unterworfen, so müssten die Produkte derselben auch gewisse Nuancen in der Färbung, dem Grade der Undurchsichtigkeit und dem Korne annehmen. Hier-nach würde man also sich veranlasst fühlen, unsere metamor-phischen Petrosilexe allgemein den Jaspisbildungen zuzurechnen. Leider besitzen grade die Worte „Jaspis“ und „Petrosilex“ keine bestimmte Bedeutung; denn Jaspis ist ein Synonym von Eurit, und Petrosilex bezeichnet in der Mineralogie eine Quarz-

varietät von besonderen Eigenschaften; die Jaspisse der Geognosie dagegen besitzen ausserordentlich verschiedene Bedeutung und Zusammensetzung. Es wäre daher ohne Frage an der Stelle, für diese Mineralprodukte eine neue, passendere Bezeichnung zu erfinden, wäre die Wissenschaft ohnehin nicht schon mit Nomenklaturen von allen Formen und Endungen überladen. Ich würde z. B. den Namen „Thermandit“ vorschlagen, welcher den ursprünglich in ihrer Benennung liegenden Sinn bestimmt ausdrückt. Häüy hatte allerdings bei der Wahl jenes Namens nur die durch nicht vulkanisches Feuer veränderten Gesteine im Auge und legte ihn daher unter anderen auch den durch Kohlenbrände Jaspisartig gewordenen Sandsteinen und Schiefern bei. Allein, vulkanisch oder nicht vulkanisch, das Feuer bleibt als Kraft stets dasselbe und nur die Wirkungen sind verschieden, die es hervorbringt. Wir können also diesen Begriff weiter ausdehnen, nur nicht bis zu den Gesteinen, welche ihrer Erstarrungsweise zufolge krystallinische Textur annehmen konnten; denn dann haben wir ein weiteres Phänomen zu berücksichtigen und es bleibt uns ein Mittel, alle unter dem Einfluss eines vulkanischen Heerdes umgewandelten Gesteine, sowohl die einfach calcinirten, als die verkieselten und verglasten, zu vereinigen. Nach dieser Gruppierung werden dann die verschiedenen, ihres Bitums beraubten, grünen, Hornsteinartigen oder fettigen Schiefer der Bathia und der Cascade von Pissevache dieselbe Stellung zu einander einnehmen, wie in der Natur.

Indess müssen der generischen Bezeichnung „Thermandit“, wie in der Linnéischen Nomenklatur, noch verschiedene Epitheta beigefügt werden, um die Spezien und Varietäten zu unterscheiden. Man wird also sagen: Schieferthermandit; grauer, grüner, violetter Thermandit; Jaspisartiger, dichter oder schiefriger Thermandit; hornsteinartiger Thermandit; porcellanjaspisartiger Thermandit u. s. w. So braucht man doch nicht überflüssiger Weise neue Bezeichnungen in die wissenschaftliche Sprache einzuführen; man kann selbst ein Gestein mit einer Mineralspezies vermengen, ohne an dem wahren Sinne irre zu werden und hat endlich auch noch den Vorthail, aus der Benennung gleich die Art und Weise der

Bildung erkennen zu können; ähnlich z. B. wie Herr *Guyton de Morveau* in seiner Nomenklatur die Art der Zusammensetzung ausdrückt, wenn er den Schwerspath mit *sulfate de baryte* bezeichnet. Selbst wenn diese Theorie der Bildung nicht die richtige wäre, würde man doch hier keinen grösseren Fehler begehen, als dort, wenn in der Chemie einmal bestimmt nachgewiesen würde, dass der Schwerspath nicht aus Schwefelsäure und Baryterde, sondern aus gesäuertem Schwefel und Barium bestünde. Und liegt nicht allen unseren Nomenklaturen irgend ein Gedanke der Theorie zu Grunde? Wenn man uns also auch einmal später corrigirt, so ist das vor der Hand für uns noch kein Grund, für uns bequeme Bezeichnungen zu verwerfen. Den Anhängern der gleichlautenden Benennungen lassen sich übrigens ohne Weiteres die Gründe für das stete Uebergewicht der chemischen und der Linnéischen Nomenklatur entgegenhalten welche die wahre, wissenschaftliche Sprache ausmachen und ohne die jeder Fortschritt in der Wissenschaft unmöglich werden müsste, da hier selbst das stärkste Gedächtniss nicht ausreichen würde, die enorme Anzahl von Benennungen zu fassen und in sich aufzunehmen.

Ueber meine Ansichten in jener Beziehung werde ich mich seiner Zeit in einer besonderen Abhandlung über die plutonischen und metamorphischen Gesteine weiter auslassen, und bezüglich jener Hornsteinartigen Thermanditen von *Martigny* will ich dem Leser nur ins Gedächtniss zurückrufen, dass *Saussure* erklärt hat, wie er in den Alpen keine Analogien davon weiter habe finden können; jedoch bilden dieselben in der Geognosie ein abgeschlossenes, in seiner Art einzig dastehendes Ganze durchaus nicht. Ein identisches Gestein tritt z. B. in dem Steinbruche von *Bel-Air* bei *Tarare* auf, wo es seine Entstehung der Erweichung devonischer (oberer „Grauwacken“) Schiefer durch einen mächtigen Gang von Quarzführendem Porphyry verdankt. Die übrigen, mehr oder weniger undurchsichtigen und farbigen Varietäten des Thermandits treten so häufig auf, dass eine Aufzählung der Vorkommnisse viel zu weit führen würde, während etwas Neues, Besonderes darüber nicht zu sagen wäre.

§. 18. Wir wollen jetzt zu den Krystallisationserscheinungen in den Gesteinen übergehn und werden zu diesem Behufe einen Blick zurückthun müssen.

Bisher wurden die Worte Thonschiefer (*schiste argileux*), thoniger Schiefer (*schiste ardoise*) oder Tegel (*schiste tègulaire*) immer gleich bedeutend genommen, denn eine grosse Strenge im Gebrauch derselben war nicht nöthig, so lange es nur auf die einfachen Erscheinungen der Calcinirung, Erweichung und Farbenveränderung der Thonerdesilikate ankam. Hier hingegen, wo es sich um die regelmässige Anordnung der Moleküle handelt, bedarf es grösserer Bestimmtheit im Ausdruck und wir müssen daher die Unterschiede dieser Gesteine feststellen.

Schon seit langer Zeit sind dieselben hinsichtlich des Bruchs und der Härte den Mineralogen bekannt. Wenn beide Gesteine auch unmerklich in einander übergehen, so unterscheidet sich doch der Schiefer (*ardoise*) durch die Leichtigkeit, mit der er sich in lange, breite, sehr dünne, vollkommen ebene, hellklingende und harte (von der Härte über der des Kupfers) Platten spalten lässt, von dem Thonschiefer (*sch. argileux*), welcher weicher und minder fest ist und dickere, aber kürzere Platten liefert.

Manchmal bestehen nach *Elie de Beaumont* beide Varietäten aus einer und derselben Grundmasse; aber mechanische Beimengungen üben dann doch einen bedeutenden Einfluss auf die Spaltbarkeit und den Härtegrad aus.

Durch starke Beimengung von Kohle entstehen theils Graphitschiefer, theils Zeichnen- oder Schreibschiefer, welcher letztere sehr zart und fleckig ist und geringe Spaltbarkeit besitzt. Uebrigens ist eine solche Beimengung von Kohle in dem Teige der Schiefer stets der regelmässigen Anordnung oder wenigstens der innigen Annäherung ihrer Moleküle hinderlich, da sie jeder Schicht eine gewisse Strengflüssigkeit verleiht und dadurch eine ähnliche Wirkung hervorbringt, wie der Graphit in den Ipsen Schmelztiegeln.

Ein hauptsächliches Hinderniss davon, dass sich ein solches Gestein (*schiste*) zu Dachschiefer (*ardoise*) eignet, besteht in den häufig darin eingeschlossenen Kiesen. Die Kiese von *Angers*, die von den dortigen Arbeitern „Diamanten“ genannt werden,

enthalten merkwürdiger Weise oft Kobalt und Nickel. Die Schiefer der Ardennen, die an und für sich recht geeignet zu technischem Gebrauche wären, enthalten gleichfalls sehr viel Kiese. Die Schiefer von *St.-Menges*, *Givonne* und *Bouillon* in Belgien enthalten sie in Form hexaedrischer Krystalle, Adern, Knoten, kleiner Körner, oder als Anflug in dünnen Blättchen, die nur durch das Spiegeln im Sonnenschein erkennbar sind. In *Rimogne* erreichen die Kieshexaëder zuweilen die Grösse eines Spielwürfels und sind am zahlreichsten in der Nähe des Daches des Lagers. Sie sind ferner in den grünen Schiefen von *Deville* bei *Mezières* ausserordentlich verbreitet; desgleichen findet man welche in den Alpen, und an der Breda bei *Allevard* treten einige verkieste Belemniten auf.

Ein Gemenge von feinem Sand und Glimmerblättchen bildet den Uebergang in die dichten Grauwackenschiefer der Ardennen und den Anthrazitführenden Sandstein der alpinischen Juraformation.

Ein gewisser Antheil an kohlensaurem Kalk ertheilt zwar diesen Gesteinen mehrere Festigkeit, hebt aber durch das Bestreben, sie mehr in einen dichten Kalkstein zu verwandeln, die schiefrige Textur zum Theil auf; man findet diess sowohl in der Grauwacken-, als in den alpinischen Formationen. *Brongniart* hat diesen Schiefen den Namen *cal-schistes*, Kalkschiefer, gegeben; Beispiele davon sind folgende.

Zu *Bouillon* in Belgien erkennt man die Nähe von Kalksteinlagern an den Schichten eines grauen, körnigen Kalksteins, die durch dünne Zwischenlagen von grauem Schiefer von einander getrennt sind und dadurch eine grobschiefrige Struktur angenommen haben.

Zu *Longwilly* im Bezirk von *Bastogne* ist der eingemengte Kalkstein so fein vertheilt, dass er nur durch das Aufbrausen mit Säuren nachgewiesen werden kann; die Struktur des Gesteins ist nur selten blättrig. Auf gleiche Weise findet sich der Kalkstein im Thone von *Bramefarine* bei *Allevard* eingemengt, der gleichfalls sehr grobschiefrig ist.

Endlich kann der kohlensaure Kalk im schiefrigen Zustande und in so grosser Menge in den Gesteinen verbreitet sein, dass diese wieder in leicht spaltende Schiefer (*ardoises*) übergehen;

aus diesem Grunde brausen auch fast alle alpinischen Schiefer mit Säuren etwas auf. Herr *Sedgwick* fand dieselbe Eigenschaft an den grünen Schiefen von *Cumberland*, während der darunter liegende schwarze, glänzende Thonschiefer es nicht thut. Uebrigens wird man sich erinnern, dass Herr *Frick* bei allen seinen Analysen einige Spuren von kohlensaurem Kalk aufgefunden hat (S. §. 13).

Der Alpenbewohner hat in seiner Sprache gewissermassen die alte mineralogische Eintheilung angenommen; er vernachlässigt nämlich die Zusammensetzung der Gesteine und unterscheidet daher

1) die eigentlichen Schiefer (*ardoises*), die sehr leicht spaltbar, aber oft auch so brüchig sind, dass bei ihrer Gewinnung eine Menge Tafeln zerschlagen werden; und

2) die sogenannten *Lauzes* oder *Badières*, die geringere Spaltbarkeit besitzen, als die vorigen. Natürlich finden zwischen diesen beiden Varietäten wieder eine Menge Uebergänge Platz; so spalten auch die Kalksteinschiefer von *Montmélian* und *Conflans* in so dünne Platten, dass man sie recht gut zur Dachdeckung verwenden kann, während dagegen nach Herrn *Gueymard* die von *Bramefarine* sehr dicke Ziegel liefern, eine sehr starke Zimmerung erforderlich machen und daher eine sehr massive, unregelmässige und ganz wunderliche Dachung abgeben. Man wendet sie deshalb auch hauptsächlich nur an solchen Punkten an, wo man heftigen Stürmen und starkem Schneefall ausgesetzt ist.

Herr *Despines*, Oberinspektor der Piemontesischen Gruben, theilt die alpinischen Schiefer (*ardoises et badières*) nach ihrer Qualität folgender Massen ein:

- 1) Steinbruch von *Cevins* (in Ober-Savoyen).
- 2) Steinbruch von *Doucy* (in der *Tarentaise*).
- 3) Steinbruch von *Taninges* und *Samoëns* (*Faucigny*).
- 4) Steinbruch von *St.-Julien-en-Maurienne* und von *Servoz* in *Faucigny*.

Diese Classifizierung will ich etwas näher auseinander setzen. Abgesehen von dem Grade ihrer Spaltbarkeit müssen diese Steine, um für brauchbar zu gelten, auch noch anderen Bedingungen Genüge leisten; sie müssen nicht allein in dünne

Platten spalten, um eine grösste Oberfläche mit dem kleinsten Gewicht decken zu können, sondern diess Spalten muss auch regelmässig erfolgen. Weil sie ferner besonders dem Froste hinlänglich widerstehen sollen, beansprucht man eine gewisse Härte, die ihrerseits wieder das Freisein von Sprüngen und Rissen, so wie eine gewisse Cohäsion erfordert, welche von der auf das Gestein ausgeübten Temperatur abhängt. Endlich scheint auch noch die chemische Zusammensetzung einigen Einfluss in dieser Beziehung zu besitzen, worüber ich passenden Ortes das Nöthige mittheilen werde.

Was die geognostische Stellung der Schiefer (*ardoises*) anlangt, so sind sie meistens auf dem alpinischen Kalksteingebirge aufgelagert; so in dem Steinbruch von *Doucy* am Engpass von *Madeleine*, wo jährlich an 300000 Platten gewonnen und bis nach Turin ausgeführt werden; so die von *Cevins* und *la Bathie* in Obersavoyen, die sich bis nach *Beaufort* und *Hauteluce* ausbreiten; so endlich in einiger Beziehung auch die von *Servoz* an dem Abhang des *Breven*. Aus dem Departement der *Isère* kann man hierher noch die Schiefer von *Allemont*, *Oz*, *Mont-de-Lans*, *Misoëns*, *Venose*, *Theys* bei *Allevard* und vom Gebirge des *Salettes* nach *Corps* hin rechnen. Herr *Gueymard* schätzt die jährliche Ausbeute dieser Brüche auf 800000 Stück.

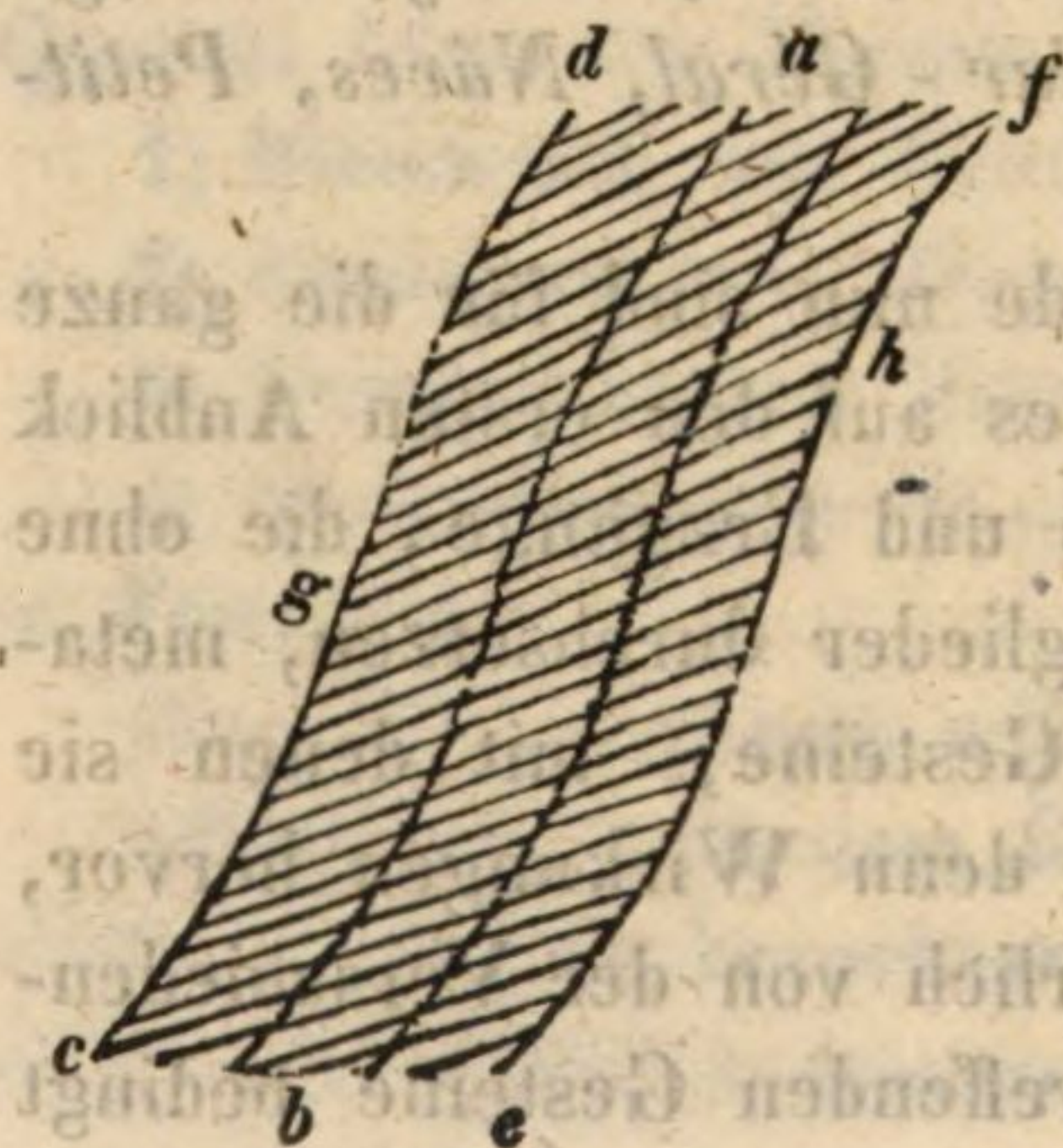
Die sogenannten *Badières* gehören dagegen allgemein den neueren Flötzformationen an oder bilden ein Glied des anthrazitführenden Sandsteins, oder hängen mit Kalksteinlagern zusammen. Hierher gehören die Schiefer von *Bosel*, *St.-Bon*, *Montagny*, *Vilette*, *Aime*, *Macôt*, *Bellentre*, *Pesey*, *Bourg-St.-Maurice*, *Séez*, *Chapelle*, *Villar-Géral*, *Nâves*, *Petit-Coeur* und *Bramefarine*.

Diese petrographischen Unterschiede nun sind für die ganze Geognosie der Alpen wichtiger, als es auf den ersten Anblick hin scheinen könnte. Eruptivgesteine und Erzgänge, die ohne Unterschied auch die jüngeren Gebirgsglieder durchsetzen, metamorphosirten mehr oder weniger die Gesteine, mit denen sie in Berührung kamen. Daraus gingen denn Wirkungen hervor, deren Verschiedenheit unter sich natürlich von der Verschiedenheit der Zusammensetzung der betreffenden Gesteine bedingt

ist. Hätte man diess berücksichtigt, so würde man auch nicht den Fehlgriff begangen haben, z. B. den Antrazitführenden Sandstein, der durch die Metamorphose glänzender und glimmerreicher geworden, mit primitivem Glimmerschiefer zu verwechseln; ein Gleiches gilt für manche chloritische und andere Modifikationen. Indess will ich hier Fragen nicht vorgreifen, auf welche die vorliegende Arbeit nicht berechnet ist; wir wollen von den verwickelteren, petrographischen Verhältnissen ganz absehen und zu den verschiedenen Zuständen unserer Schiefer zurückkehren, die wir jetzt Schritt für Schritt verfolgen müssen.

§. 19. Nach der Annahme einiger Geologen erhielten die Schiefer die Eigenschaft, leicht zu spalten, schon bei ihrer Absetzung aus Wasser; d. h. die Thone, aus denen durch Erhitzung diese Gesteine hervorgegangen sind, konnten eben als sedimentäre Massen in sehr dünnen Schichten niedergeschlagen werden, und in dieser Aufeinanderlagerung verblieben sie auch trotz der Erhitzung. Für diese Ansicht sprechen eine Menge von Schieferthonen, die in allen nicht metamorphischen Formationen verbreitet sind.

Andere halten Gegentheils dafür, dass erst die Hitze und dann die folgende Erkaltung in den amorphen thonigen Massen eine Art Krystallisation bedingt haben, die eine gewisse plattenförmige Absonderung dieser Massen zur Folge hatte. Zu Gunsten dieser Hypothese sprechen das Vorkommen mancher scharf begrenzten Schichten, deren Schieferung aber weder dem Dache, nach den Seiten parallel ist, sondern diese wesentlich horizontalen Richtungen unter einem schiefen Winkel durch-



schneidet. Herr von Hennezel hat z. B. im Steinbruch von Fumay bei Mezières folgende Erscheinung beobachtet. Es enthalten daselbst manche Schichten, wie *cdef*, des sehr gewundenen Schieferterrains grüne Zonen *ab*, die den beiden Seiten *cd* und *ef* parallel liegen. Man könnte diese Schichten also als aus einem einzigen, in der

Richtung der Linie *ab* geschichteten Niederschlag ansehen, worin die grünen Partien zufällig entweder durch ein lokales Verschwinden des Bitumgehaltes oder aus irgend einer andern Ursache entstanden sein würden. Allein das Gestein hat seine Schieferung nicht in dieser, sondern in einer schief dagegen liegenden Richtung *gh*; und diese Richtung ist eine so konstante, dass man schon beim blossen Anblick eines aus dem Bruche herausgezogenen Blockes nach dem Winkel, den die grünen Streifen mit der Schieferung einschliessen, beurtheilen kann, ob der Block von einem Punkt kommt, wo die Schichtung verbogen ist, oder nicht. Hieraus kann man also schliessen, dass diese Ablagerung erst nach der Zeit, wo sie eine Knickung erlitt, oder vielleicht auch im Moment und zwar in Folge der Knickung sich die schiefrige Textur aneignete. Nun ist diess aber nicht das einzige Vorkommen der Art; man kennt es vielmehr noch an einigen anderen Punkten. In Cumberland z. B. wechseln die schönen grünen, Versteinerungsleeren Schiefer mit unzähligen Massen dichten Felsits, mit Felsitporphyren, mit halb breccien - halb porphyrartigen Gesteinen, mit gewaltigen mechanischen Niederschlägen u. s. w. ab, was zusammen einen Gesteinskomplex von ungeheurer Mächtigkeit bildet. In diesen Schiefern fand Herr *Sedgwick* nie auch nur ein Beispiel von natürlicher Schieferung auf; überall fiel die Absonderung mit der Schichtung zusammen. Derselbe Fall wiederholt sich in *Wales*. — Hiervon ausgehend haben denn auch mehrere Geologen jene erste Entstehungsweise der fraglichen Struktur entschieden verworfen.

Ich kann mich nicht ganz in dieser Weise aussprechen: die Schieferung der Gesteine von *Martigny*, so wie von mehreren anderen Punkten der Alpen, läuft dem Hauptstreichen des Gebirges parallel, kann also nicht für eine scheinbare Zerklüftung genommen werden. Diesem widersprechen auch die schönen Farrenkraut- und andere Pflanzenabdrücke in den Schiefern von *Petit-Coeur*, *les Chalanches* und *Bons* auf der *Romanche*, die, grade wie die Abdrücke in den Kohlenschiefern, an der Oberfläche der Schichten liegen. Dieselbe Beobachtung machte Herr *Piot* an den grossen Trilobiten, *G. Ogygia*, in den Schie-

fern von *Angers*, die ganz breitgedrückt sind und in der Schieferungslinie liegen. Uebrigens folgt die Schieferung dieses Gesteins wieder genau der Richtung der ganzen Schichtung, die man aus den Abwechselungen mit untergeordneten Schichten von Granwacke und Quarzschiefer erkennen kann. Wir haben folglich auch nicht nöthig, den in Vorhergehenden mehrfach gebrauchten Ausdruck Schieferthon zurückzunehmen.

Bei dieser Gelegenheit muss ich jedoch noch bemerken, dass es selbst bei *Martigny* Schieferschichten giebt, deren Aeusseres dem erwähnten Verhalten gradezu entgegentzulaufen scheint; und *Saussure* fand in ihnen wirklich einen Gegenstand abweichender Natur. Bei näherer Untersuchung kann man sich aber leicht überzeugen, dass diese vermeintlichen Flötzeinlagerungen, ohne stätige Fortsetzung, durch Aufreissen von Spalten und Rissen gebildet worden sein müssen, in der Weise, wie die tafelförmige Absonderung mancher Basalte, Porphyre, oder Granite erfolgt; eine Erscheinung, die schon den älteren Geognosten so lebhaftes Interesse einflösste, dass sie daraus auf die sedimentäre Bildung dieser Gesteine schliessen zu müssen glaubten. Die Art und Weise der Entstehung dieser Flötze mag direkt oder indirekt sein, mit der Annahme einer dabei wirksam gewesenen hohen Temperatur dabei verträgt sie sich vollkommen. Auch müssen wir uns vor der Hand damit begnügen, die beiden Arten von Schieferung mit Thatsachen belegt zu haben, und uns zu den besonderen Eigenschaften wenden, welche die Absonderung der Gesteine in ihren muthmasslichen Beziehungen zu plutonischen Ursachen annimmt.

§. 20. Die Krystallisationskraft ordnet die Atome der Körper in ihrer Weise selbst dann noch an, wenn sie sich in einem Zustande so unvollkommener Weichheit befanden, dass ihre äussere Gestalt dadurch in nichts eine Veränderung erleiden konnte. Man beobachtet diess z. B. an Ausgussblechen, die, lange Zeit der Rothglühhitze ausgesetzt, endlich in Würfelform zerklüften; Stücke von Bouteillenglas, Hohofenschlacken etc. verlassen in dieser Temperatur gleichfalls ihren unkrystallinisch glasigen Zustand, behalten dabei aber ihre erste

Form unverändert bei. Dass man dieselben Erscheinungen auch an den Thonschiefern sich wiederholen sieht, kann also gar nicht überraschen, obwohl hier noch einige besondere Umstände hinzukommen, die wir zuerst ins Auge zu fassen haben.

Eine stark aufgerichtete Thonschieferschicht kann an ihrem Ausgehenden ganz andere Eigenschaften besitzen, als in der Tiefe. Bei *Angers* im Steinbruch von *Mont-Hibert* ist der obere Theil eine Fortsetzung von Lagern, die weiter unten abgebaut werden; aber in diesen verschiedenen Teufen ist auch die Natur des Gesteins eine ganz verschiedene. Auf die unter der Dammerde liegende verwitterte Masse folgt ein Schiefer, der sogenannte Baustein, den man hier als Bruchstein abbaut, da er in Tafeln nicht gespalten werden kann. Fünf Meter tiefer aber liegt der leichte, klingende, dunkelblaulich-graue gute Schiefer, dort *franc quartier* genannt. Derselbe nimmt bis in das Tiefste des Baues eine immer bessere Qualität an; nur erreicht letzterer der Kostspieligkeit wegen und weil man, um ein Zubruchegehen zu verhüten, sehr abböscheln muss, höchstens 90 bis 100 Meter Teufe, unter der man also das Lager auf eine unbekannte Mächtigkeit unabgebaut liegen lassen muss, was um so bedauerlicher ist, als jedenfalls grade in grösseren Teufen die besten Schiefersorten liegen.

Die eben erwähnte, verschiedene Beschaffenheit dieser Schiefer dürfte sich meiner Ansicht nach schwerlich anders erklären lassen, als durch eine Hitzewirkung, die nach den oberen Schichten zu allmählig abnahm. Eben daraus schloss man übrigens auch mehrfach auf die Verschiedenheit mancher anderen Bildungen; nach Herrn von *Paravey* sollen sich nämlich die Schiefer bezüglich ihres relativen Alters sehr bestimmt von einander unterscheiden lassen. Die Schiefer aus den sehr alten Formationen an der Maas können durch einen blossen Schlag in einer bestimmten Richtung gespalten werden, die von einer Art Längenfaserung, von den Steinbrechern *longrain* oder eigentlich *longgrain* genannt, abhängig sein könnte; kein Schiefer der Ardennen wird für gut erklärt, so bald er nicht diese konstante, regelmässige Spaltbarkeit besitzt.

Alle Schiefer dagegen, welche diese Eigenthümlichkeit nicht besitzen, sondern bei einem Schlag, wie Glas, in lauter unregel-

mässige Stücke zerspringen, sind nach *Paraveys* Meinung alle jüngerer Bildung.

Dieser Umstand führt natürlich auf die Vermuthung, dass die ältesten Schiefer, im Vergleich zu den jüngsten, auch die höchsten Hitzegrade auszuhalten gehabt haben, in Folge deren sie einigermaßen in einen krystallinischen Zustand übergingen. Hierbei scheint also der Einfluss der Wärme kaum bezweifelt werden zu können; und ich will noch hinzufügen, dass manche der härtesten Schiefer von *Martigny* ebenfalls die Tendenz besitzen, der Länge nach in Scherben zu brechen, und darin vollkommene Uebereinstimmung mit den Schiefen der Ardennen zeigen.

Diese Thatsachen sind für unseren Zweck indess nur von geringem Belange, denn einerseits sind die Verhältnisse des Vorkommens von *Angers* noch gar nicht genügend bestimmt und andererseits ist eine grosse Altersverschiedenheit der Gesteine der Ardennen und von *Anjou* noch nicht nachgewiesen. Ueberdiess hat man hierbei auch eine Menge Nebenumstände von grösserer oder geringer Wichtigkeit ganz übersehen, wovon ich z. B. nur die grössere oder geringere Nähe von Eruptivgesteinen anführen will. Dagegen sind es die Erscheinungen der Krystallisation, die durch ihre Bestimmtheit und weil sie sich nur in engen Grenzen bewegen, im Stande sind, mehr Aufklärung über obengedachte Vorgänge zu gewähren.

Der einfachste Fall einer solchen krystallinischen Entwicklung tritt uns in den Moiréartigen Schiefen (*sch. satinés ou lustrés*) entgegen, welche in der Nähe betrachtet und besonders da, wo sie von den Atmosphären etwas angegriffen sind, parallel über einander liegende Fasern von ausserordentlicher Zartheit zeigen und dadurch ein dem Fibrolith oder Asbest ähnliches Aussehen gewinnen. Beiläufig muss ich hier auf die Analogie aufmerksam machen, die zwischen dieser fasrigen Textur und dem Linearparallelismus (*longrain*) der Ardennenschiefer besteht, und will hinzufügen, dass die Sammlung der Lyoner Fakultät mehrere Stücke von Thonschiefen besitzt, die in völlig entwickelten Asbest übergehen; solche Mineralien müssen also in diesem besonderen Falle als der höchste Ausdruck einer Krystallisation angesehen werden, die sich in der Regel nur

durch einen mehr oder minder lebhaften seidenartigen Glanz verräth. Wir werden übrigens bald die Bildung von Asbest unter einer ganz neuen Gestalt sich wiederholen sehen.

Zu dieser Art Schiefer gehören z. B. einige von *Martigny* (S. §. 5.). Auf dem Hügel, worauf sich die Ruinen des Schlosses von *Servoz* erheben, enthalten sie Pflanzenabdrücke und werden von Gängen von krystallinischem Quarze durchsetzt; auch enthalten sie untergeordnete Einlagerungen von Bleiglanz und Kupfererzen und besitzen neben ihrer gradflaserigen Struktur ein sehr feines Korn, wodurch sie Aehnlichkeit mit Talkschiefern bekommen. Fast ebenso verhält es sich mit den grauen oder schwarzen Schiefern am Engpass von Balme, die gleichfalls in allen Richtungen von mächtigen Quarzgängen durchsetzt sind, etc. etc.

Aus dem Uebergangsgebirge können als analoge Gesteine der grünliche, gradflaserige Schiefer von *Cherbourg*, der Schiefer von *Pennel* in der Bretagne, der schwarze Versteinerungsleere Thonschiefer von *Cumberland*, der mächtige mit Quarzadern durchschwärmte Lagen bildet, etc. angeführt werden.

Ausserdem giebt es noch eine Menge Zwischenstufen zwischen dem amorphen, fettig hornsteinartigen und dem krystallinischen Zustand. In der Geognosie bezeichnet man diese ganzen Modifikationen gern und gewöhnlich mit den synonymen Ausdrücken: fatter (*gras*), fettig anzufühlender (*onctueux*), glänzender (*lustré*), seidenartiger (*satiné*) Schiefer. Diese, bloss optischen Charakteren entnommenen Bezeichnungen gewähren den Vortheil, die Art der atomistischen Zusammensetzung ganz bei Seite setzen, dagegen aber die einzelnen Stufen der allmählichen krystallinischen Entwicklung mehr hervortreten zulassen.

An der Oberfläche mancher seidenartiger Schiefer von *Sain-Bel* bei *Lyon* entdeckt man bei einiger Aufmerksamkeit zwei sich mit der grössten Regelmässigkeit schief durchkreuzende Reihen feiner Schraffirungen, die ein Netz von Rhomben bilden. Diese Schraffirstriche besitzen übrigens nicht auf allen Schieferblättern dieselbe Richtung, obschon ein solches nicht mehr als 1 Millimeter Dicke hat und sich die ganze Erscheinung nur in einer Gesteinslage von höchstens 2 Centimeter

Mächtigkeit zeigt. Aus einer solchen Unabhängigkeit von einander bezüglich dieser Streifung geht *eo ipso* hervor, dass auch die Krystallisation sich in jedem einzelnen unabhängig von dem andern entwickelt hat und dass offenbar keines mit dem andern in irgend einem Zusammenhange steht. Gleichwohl ist dieser Umstand nicht durchgängig, oder zum wenigsten nicht auf die oben angegebenen engen Grenzen beschränkt zu finden; denn zuweilen ist das Gestein hiernach so deutlich zerklüftet, dass man bei der nöthigen Vorsicht schiefrrhombische Prismen mit den Kantenwinkeln 60° und 120° daraus schlagen kann; wenigstens hat Herr *Walchner* diese Beobachtung an einem schwarzen Schiefer gemacht. Kurz, setzt man diesen Umstand mit der Gleichförmigkeit der chemischen Zusammensetzung (S. §. 13.) in Verbindung, so kann man den Thonschiefer in einem gewissen Status nicht mehr bloß für ein massiges Gestein, sondern auch als eine Spezies des mineralogischen Genus der Thonerdisilikate ansprechen. Dann erst wird auch die Wichtigkeit der falschen Schichtung und das Linearparallelismus vollkommen klar, denn es ist höchst wahrscheinlich, dass die Veranlassung dazu ein ganz bestimmter krystallinischer Gemengtheil war, der noch einige Unreinigkeiten enthielt; und darin, diese von ihm trennen zu können, liegt jetzt noch die einzige Schwierigkeit. Wir können aber auch hier wieder aus der Natur selbst die Mittel schöpfen, die in Kürze zu einem bestimmten Resultate zu führen vermögen.

Man findet unter den Pflanzenabdrücken in den alpinischen Thonschiefern welche von so ausserordentlicher Zartheit, dass sie nur wie eingravirt erscheinen, und die mit einem weissen perlmutterglänzenden oder silbergrauen Ueberzug versehen sind; so kommen sie z. B. in *Petit-Coeur* vor und die einzige Vermuthung, die ich in Bezug darauf auszusprechen wagen möchte, ist die, dass die Zeichnung von Graphit, und nicht von Talk herrührt, wie andere Geognosten annehmen. Anderartige Abdrücke dagegen, wie die von *les Chalanches* und *Bons* auf der Romanche, sind erhaben, etwas dick und an der Oberfläche mit zwei Reihen feiner, dichter, paralleler Streifungen versehen, die sich unter schiefen Winkeln durchkreuzen. Die Richtung dieser Streifungen bleibt sich selbst bei verschie-

denen Abdrücken und sogar bei denen ganz verschiedener Schichten gleich. Die Abdrücke von *Bons* schillern auch sehr auffallend goldgelb und ihre Aehnlichkeit mit Bronzit ist dann unverkennbar. Also auch hier, wie dort, dieselbe Wirksamkeit, dieselbe Geschäftigkeit der Krystallisation.

Bricht man einen von diesen letzteren Abdrücken quer durch, so findet man auf dem Querbruch eine weisse oder gelbliche, Asbestartige Masse, deren Fasern mit der Schieferung des Gesteins fast einen rechten Winkel einschliessen. Wegen ihrer geringen Festigkeit hielt ich diese Fasern anfangs für Gyps, der nach der Zersetzung des Pflanzengewebes Raum genug zur Krystallisation gewonnen hätte; übrigens brausten sie mit Säuren nicht auf. Um jedoch etwas mehr über ihre Natur zu erfahren, setzte ich meine Untersuchungen weiter fort und fand, dass diese Fasern zu einem weissen Email schmelzbar waren, welches mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau wurde; mit Soda bläheten sie stark auf, aber selbst im heftigsten Reduktionsfeuer war keine Spur einer hepatischen Bildung wahr zu nehmen; bei der Behandlung mit Phosphorsalz gaben sie einen Rückstand von Kieselsäure, und die Perle opalisirte unter der Abkühlung; fein gepulvert und in der Kälte mit Salpetersäure behandelt zerfielen sie in feine, seidenartige Fasern, wie der Asbest, ohne jedoch, wie Zeolith, eine Gallerte zu bilden.

Diese Reaktionen liessen also ein Thonerdesilikat erkennen, das an dem Punkte, wo es auftritt, nur durch Sekretion, man möchte sagen, durch ein Ausschwitzen aus den Poren des Gesteins entstanden sein kann. Diese Entstehungsweise könnte auch recht gut mit einer Hitzeinwirkung im Zusammenhange stehen, da sich plutonische Gesteine ganz in der Nähe der Lager von *Bons* und *les Chalanches* befinden; — übrigens besitzt die kreuzweise Schraffirung der Oberfläche dieses Silikates so grosse Aehnlichkeit mit jener der Oberfläche mancher harter, glänzender Schiefer, dass man sie wohl für ein krystallinisches Produkt halten kann; es wäre daher auch sehr zu wünschen, dass die Chemiker bei Untersuchungen von Schiefen diesem Umstand einige Berücksichtigung schenken möchten.

Die in den Thonschiefen enthaltenen fremden Körper schei-

nen an der erwähnten Wanderung der Moleküle Antheil genommen zu haben; wenigstens möchte diess aus der Textur der darin vorkommenden Belemniten hervorgehen. Bekanntlich zeigen diese Versteinerungen in den nicht metamorphischen Flötzgesteinen fast durchgängig einen sehr regelmässigen, fasrig strahligen Querbruch; bei denjenigen aber, die in den Gesteinen an der Breda bei *Alleward* vorkommen, ist diese Textur fast gänzlich durch die ganz krystallinische Entwicklung des Kalkspathes verwischt, mit der bei *Petit-Coeur* auch noch körnige Textur verbunden ist.

Ausserdem ist auch die schwarze kohlige Substanz, das Produkt der Zersetzung organischer Stoffe, nicht mehr gleichmässig vertheilt, sondern auf einen oder zwei concentrische Ringe concentrirt. Diese organischen Körper müssen also sehr weich geworden sein, was sich aus der Nähe der Eruptivgesteine erklären lässt. So ausser allem Zweifel liegt diess übrigens keineswegs; ja es ist sogar sehr möglich, dass dieselben Vorgänge auch durch blosse Krystallisirung aus wässerigen Auflösungen veranlasst worden sein können. Allein es folgt hier eins so aus dem anderen, dass wir wohl bei der einmal gefassten Ansicht stehen bleiben können.

In der Bretagne liegen die harten, glänzenden Schiefer (des Uebergangsgebirges) über dem Granit; die oberen Schichten sind schwarz, kohlig und reich an Eisenoxyd; in der Nachbarschaft des Granites dagegen enthält das Gestein Chiasolith und Eisenkies, wird hellklingend und folgt bisweilen dem Magneten. Dieser von Herrn *Paillette* beobachtete Magnetismus beruht ohne Zweifel in einer theilweisen Reduktion des Eisenoxyds; und diese kann auch zur Erklärung einer anderen von Herrn *Cauchy* beobachteten merkwürdigen Krystallisationserscheinung dienen, die sich in einem körnigen, grünen Schiefer findet, der zwischen *Rimogne* und *Monthermé* abgebaut wird, und sich bei *Jéhanville* und *Maissin* bei *St.-Hubert* wiederholt. Auf diese Erlängung von 9 Lieues enthält nämlich das Gestein eine solche Unzahl ganz kleiner oblonger Körnchen oder oktaedrischer Krystallchen von Magneteisenstein, dass die Oberfläche auf den ersten Anblick wie mit einer unendlichen Menge kleiner Löcher besät erscheint. Diese

Krystallchen sind ausserdem auf eine stetige, dem *Longrain* parallel laufende Linie vertheilt, woraus deutlich hervorgeht, dass derselbe in Ansehung dieser Krystalle eine Axe der Attraktion gebildet haben muss. Es verhält sich also hiermit ganz ähnlich, wie mit den feinen Rissen in den Fensterscheiben, die auch den sich im Winter bildenden Eisblumen als Krystallisationsaxen dienen; oder noch besser wie mit den Fäden, die man in eine salzige Auflösung hängt, um alle sich entwickelnden Krystalle daran ansetzen zu lassen. Sollte nun jenes Eisenoxydoxydul nicht ebenfalls, wie in der Bretagne, ursprünglich auf der Stufe des Oxyds gestanden haben, und somit das Produkt einer theilweisen Reduktion desselben sein? War es vielleicht in grosser Menge in der Grundmasse des Schiefers vorhanden und krystallisirte es dann vielleicht aus derselben heraus? Diess ist mir Alles um so wahrscheinlicher, als ein solches Beispiel derartiger Ausscheidung mir nicht zum ersten Male vorgekommen. Es bezieht sich hierauf auch eine in den *Annales de la Société royale d' Agriculture de Lyon*, t. VI. mitgetheilte Notiz über den zersetzenden Einfluss der Krystallisation. Da ich aber keine Gelegenheit, die dort angezogenen Erscheinungen an Ort und Stelle selbst zu beobachten, hatte, so muss ich diese Vermuthungen vor der Hand auf sich beruhen lassen.

§. 21. Ich kann den eben behandelten Gegenstand nicht verlassen, ohne auf eine letzte Beziehung der Schiefer zu den plutonischen Gesteinen etwas näher einzugehen. Letztere können sich, wie bekannt, sämmtlich in Kaolin, Bol, verschiedene wasserhaltige Silikate und selbst in wirklichen plastischen Thon zersetzen; — ist also der Thonschiefer ein durch Hitze erhärteter Thon, also einem plutonischen Einflusse unterworfen gewesen, so muss er auch dieselben Umwandlungen, wie jene, durchgemacht haben; und wenn man daher im Stande ist nachzuweisen, dass er sich in Kaolin umwandeln kann, so hat man auch einen Beweis mehr für seinen metamorphischen Zustand gewonnen.

Nichts ist aber auch leichter zu beweisen; ja man ist sogar

damit im Reinen, dass der Beginn einer solchen Operation sehr rasch eintritt; so werden manche zu technischen Zwecken benutzte Schiefer schon in dem kurzen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren unbrauchbar; andere widerstehen allerdings dem zerstörenden Einflusse mehreren Jahrhunderte. Allein derartige Anomalien hängen, ähnlich wie bei manchem Granit, nur von der verschiedenen Cohäsion, so wie von der chemischen Zusammensetzung der Masse ab. Von den Herrn *Despines* und *Gueymard* erfahren wir hinsichtlich dieses Verhaltens folgendes.

Die Schiefer der alpinischen Juraformation, die doch wesentlich aus Kalksteinen konstituiert ist, brausen aus diesem Grunde fast alle mit Säuren auf; und der ihnen beigemengte kohlen-saure Kalk scheint ihnen auf den ersten Anblick hin mehrere Festigkeit zu verleihen. Die Schiefer, *Badières*, von *Taninges* und *Samoëns*, die mit Kalksteinschichten wechsellagern, brausen sehr lebhaft mit Säuren auf und widerstehen auch wirklich dem Witterungseinflusse so gut, dass man sie trotz ihrer Dick-spaltigkeit dem Schiefer von *Servoz* vorzieht, der nicht braust, leicht spaltet, aber nach dem Winter stark zerfällt. Aehnlich wie jene verhält sich auch der Schiefer vom *Col de la Madeleine*. Aber Regel ist es darum keineswegs; so braust z. B. der leichte Schiefer von *Cevins* nicht auf und steht doch Jahrhunderte lang gut; wahrscheinlich ist bei ihm die Hitzein-wirkung so stark gewesen, dass der Kalk an die Kieselsäure mit treten konnte. Gegentheils sind die Schiefer von *St.-Julien*, *Mont-Denis*, *Mont-Richer* und *Villar-Gontrand* brausend, dabei aber doch von sehr verschiedener Qualität; denn mancher steht über 100, anderer nicht über 20 Jahre. Wie man sieht, ist es also noch gar nicht ausgemacht, dass der Kalkgehalt zur besseren Conservirung des Schiefers beitrage; aber jedenfalls wäre es wünschenswerth zu wissen, bei welchem Antheil von Kalk ein günstiges Verhalten hervorge-rufen würde.

Nach Herrn *Ingenieur Gueymard* lässt der sonst leichte und recht hübsche Schiefer aus dem Departement der *Isère* in Hinsicht auf Dauerhaftigkeit viel zu wünschen übrig, indem die Dachbedeckungen daraus schon aller 20 bis 25 Jahre erneuert

werden müssen. Er schreibt diese schnelle Zerstörbarkeit einer Beimengung von Schwefeleisen zu, welches allerdings so fein vertheilt darin vorkommt, dass es nur auf dem analytischen Wege aufgefunden werden kann.

Was die physikalischen Eigenschaften anlangt, so haben langjährige Erfahrungen erwiesen, dass derjenige Schiefer der Einwirkung der Luft am längsten widersteht, welcher homogen, von gleichförmiger Farbe, feinkörnig oder dicht und besonders hellklingend ist. Von diesen Bedingungen haben wir schon oben bei Gelegenheit der stark gefritteten Schiefer von der *Bathia* bei *Martigny* gesprochen. Ich will also nur noch hinzufügen, dass man ähnliche Grade in der Dauerhaftigkeit auch an vielen andern Punkten beobachtet, wo die nahe Nachbarschaft plutonischer Gesteine von grossem Einflusse gewesen ist. So liegt z. B. der sehr dauerhafte Schiefer von *Cevins* innerhalb der Grenzen einer Gebirgserhebung, die nach *Elie de Beaumont* im Wesentlichen aus krystallinischen Gesteinen zusammengesetzt ist; in demselben Fall befinden sich auch die Schiefer vom *Col de la Madeleine* und von *Theys* bei *Allervard*. Von Lokalitäten ausserhalb der Alpen endlich dauert z. B. der Schiefer von *Angers* nicht länger als 30 Jahre, während der Ardennenschiefer länger als zwei Jahrhunderte steht, wie die Inschriften an den Bedachungen alter belgischer Monumente beweisen.

Nach dem früher Gesagten sind also wahrscheinlich die letzteren einer viel heftigeren Hitze ausgesetzt gewesen, als die Schiefer von *Anjou*.

Die Schiefer von *Cevins* und von der *Bathia* in Obersavoyen, sowie der von *Servoz* stehen auf die Dauer sehr gut und behalten an der Luft auch ihre schöne blaue Farbe. Dagegen verbleichen die Schiefer von *Samoëns* und *Taninges* im *Faucigny*, vom *Col de la Madeleine* und im Allgemeinen die der *Maurienne* an der Luft. Dieses erste Anzeichen beginnender Zersetzung geht mit dem Aufbersten Hand in Hand, welches das rein mechanische Ergebniss des Frostes ist. Man darf aber nicht glauben, dass das Bleichen bloss und allein von einer langsamen Oxydation des Kohlenstoffs herrühre; vielmehr findet es auch in Folge einer Aufblätterung in ganz dünne

Lamellen Statt, wodurch sie natürlich, eben so wie die meisten Körper, wenn sie zu Pulver zerrieben sind, undurchsichtig und anscheinend entfärbt werden; ein pulverförmiger Körper wirft die Lichtstrahlen stets unregelmässig zurück; dadurch wird die ursprüngliche Farbe geschwächt und, wenn solche ohnehin nicht sehr intensiv war, ein weisslicher Schein erzeugt.

Diese Erscheinungen, zu deren Entwicklung auf einige Mächtigkeit ein ziemlich grosser Zeitraum erforderlich war, sind ganz besonders für die eigentlichen Dachschiefer (*ardoises*) bezeichnend; denn Herr *Omalus d' Halloy* sagt, dass der auf den Plateaus der Ardennen brechende Schiefer durch die Verwitterung weisslich, mürbe, zerreiblich, leicht ritzbar und Specksteinartig wird und sich schliesslich in eine leichte, erdige Substanz zersetzt, die sich nicht mit Wasser anmachen lässt; während dagegen der gröbere Thonschiefer sich in der Regel in eine thonige, fast sandige Masse umwandelt. Diese allgemeinen Regeln erleiden jedoch für verschiedene Lokalitäten auch mehrfache Modifikationen; Herr *Benoit* theilt uns darüber Folgendes mit. In dem Canton von *Bastogne* zeigt der bläulichgraue, feinkörnige bis dichte Schiefer, welcher das Nebengestein der Bleierzlager von *Longwilly* bildet und in allen dortigen Grubenbauen oder deren Umgebung ansteht, einen ebenen, unregelmässigen oder muschligen Bruch, zerspringt sehr oft in Bruchstücke von häufig rhomboidaler Form und besitzt nur selten und zwar nur nahe am Tage einige Neigung, in Platten zu spalten. Lange Zeit der Luft ausgesetzt verwittert er leicht und verwandelt sich in eine weiche, erdige, mit Wasser nicht knetbare Masse; und grade die Parthieen, die noch eine etwas deutliche Schieferung besitzen, zersetzen sich weniger schnell, als die anderen.

Diese Art der Zersetzung fesselte auch schon lange *d'Aubuissons* Aufmerksamkeit, und da er in den Lamellen dieses Gesteins Glimmerschüppchen bemerkt zu haben glaubte, so schloss er, dass der Thonschiefer früher ein dichter, wenig krystallinischer Glimmerschiefer gewesen sei, grade so wie es Eurite giebt, die auch weiter nichts, als unvollkommen ausgebildete Porphyre oder sonstige plutonische Gesteine sind. Ich meiner Seits habe selbst unter dem Mikroskop nicht die geringste regel-

mässige Anordnung in den perlmutterglänzenden, gelben und weissen Schuppen entdecken können, die in dem Belemnitenschiefer von *Petit-Coeur* und in dem Schiefergestein, welches in den oberen Teufen der Grube von *Pesey* ansteht, vorkommen und sich auf Unkosten dieser Gesteine bilden; mehr Analogie scheinen sie mir mit den nach Herrn *Berthier* in der Porzellanerde von *Limoges* (Departement de l' *Allier*), *Seignaux* und *Pamiers* in der *Arriège* vorkommenden zu besitzen. Diese bilden, eben so wie die unsrigen, weisse, perlmutterglänzende Schüppchen, die jedoch keineswegs den metallisirenden Glanz des Glimmers besitzen, und bestehen aus einem stark aufgelösten, aber nicht chemisch zersetzten Felsit, der in dem Kaolin bis zu dessen gänzlichem Zerfallen eingeknetet bleibt. Uebrigens zerspringt bekanntlich auch Glas, wenn es lange Zeit der Luft ausgesetzt oder in der Erde vergraben bleibt, in sehr zarte, perlmutterglänzende Schuppen.

Mit diesen Vorgängen ist gleichzeitig ein Anziehen von Wasser aus der Atmosphäre verbunden; denn der Schiefer von *Petit-Coeur*, wie die Ardennenschiefer nehmen unter denselben Umständen eine gelbliche Farbe an; mitunter tritt aber auch, wie bei manchen anderen Gesteinen, eine röthliche Färbung ein. Herr *Piot* führt als Beispiel in dieser Hinsicht den Steinbruch von *Mont-Hibert* bei *Angers* an; dort findet man Lagen eines schwarzen Schiefers mit fossilen Ueberresten, dessen untere Schichten abbauwürdig sind, während die oberen, das Ausgehende bildenden, gewundenen Schichten aus einem faulen, zerreiblichen, rothen oder weingelben Gestein bestehen, dem man dort den Namen „*cosse*“ (Schäale) beigelegt hat. Der Schiefer der Ardenne ist gewöhnlich mehrfach, nämlich grün, dunkelviolett und schwärzlichblau gefärbt. Bei dem Schiefer von *Fumay* geht die gewöhnliche röthliche Farbe manchmal ganz plötzlich in ein blaliches Grau über, und zuweilen findet man, wie Herr *Clère* behauptet, auf ganz kleinen Bruchstücken beide Farben neben einander. Es ist aber auch der Schiefer in den Stössen des abgebauten Flötzes bald violett, bald grün; violett nämlich, wenn der aufgelagerte Dachschiefer grün, und umgekehrt grün, wenn selbiger violett ist. Auf dem linken Ufer der Maas, bei *Charleville*, wechselt grünlicher mit violett-

tem und blaulichem Schiefer ab; zwischen *Givonne* und *la Chapelle* aber herrscht ganz besonders der röthliche vor. Dieselben Verhältnisse findet man unter entsprechenden Umständen auch in den Alpen wieder; so ist, um nur ein Beispiel anzuführen, der grüne Schiefer bei *Mâcot* in der *Tarentaise* im Contact mit den dort aufsetzenden Quarzmassen ebenfalls hier und da roth gefärbt.

Bei immer fortschreitender Zersetzung dieser Gesteine gehen aus solchen endlich wirkliche Thone hervor. Wenigstens deutet darauf eine Mittheilung von *Elie de Beaumont* über die geognostische Beschaffenheit der Umgebung von *Rocrey* hin, der einzigen Stadt auf dem Rücken des Ardennengebirges. Dort liegt nämlich unter der Dammerde weiter nichts, als eine weissliche, unfruchtbare Erde, die sich besonders zur Ziegelfabrikation eignet. An andern Punkten ist der Schiefer in einen ganz zähen Koth verwandelt, der dem Erdreich eine ganz talgige (*chandeleuse*) Beschaffenheit verleiht. In dieser Erde gefriert das Wasser in derselben Weise, wie die Eisblumen an den Fenstern; wenn eine solche Eisblume im Winter aus dem Boden herauswächst, so hebt sie Erdreich mit empor, reisst die Feldfrüchte sammt den Wurzeln heraus und thut so wirklich dem Feldbau einigen Eintrag. Indess überzeugte sich Herr *Walchner* auch, dass sich der Schiefer auch noch anderweitig in der Art auflösen kann, um eine gute, thonige Pflanzenerde zu liefern; diess ist namentlich der Fall bei quarzreichen Schiefern, weil die alsdann in der Masse vorhandenen sandigen Theile dieselbe in dem nöthigen porösen Zustand fortwährend zu erhalten vermögen. Wegen seiner schwarzen Farbe wird übrigens dieser Boden an der Sonne sehr warm und eignet sich daher ganz besonders zu Weinbau.

Denselben morastigen Schiefer findet man in den Absätzen aus den sogenannten wilden *Nants* stark vertreten, trüben Bächen, die meistens in den schiefrigen Hölen der Alpen entspringen. Ein letztes, bemerkenswerthes Produkt derartiger Zersetzungen findet sich südlich von *St. - Jean-de-Maurienne* zwischen *Jarrier* und *St. - Pancrace*; hier liegt das vielfach durchschnittene Schieferterrain auf einer etwas geneigten Ebene und rutscht daher alljährlich in Masse ein Stück fort, so dass Stücken von

dem Ackerland sich losreissen, senken oder über einander weg-schieben; auch die Kirche von *Jarrier* hat schon Erschütterungen erlitten und muss endlich aus Mangel an festem Grunde einstürzen.

Bezüglich aller angeführten Thatsachen hätte nun die Chemie die Frage zu beantworten, ob wohl eine solche Regeneration zum ursprünglichen Zustand nur durch eine Verbindung mit Wasser bewirkt, oder ob vielleicht, analog der Bildung von Steinmark und Kaolin, irgend ein Alkali oder dergleichen durch das Wasser und die Kohlensäure ausgeschieden werde? Jedenfalls wäre diese Untersuchung auch auf den Einfluss der Eisensulfurete auszudehnen, die allerdings zu der Einfachheit derselben nicht eben beitragen. Die grossen Eisenkieshexaëder von *Deville* bei *Mezières* sind an der Oberfläche in der Regel in Eisenoxydhydrat umgewandelt, während sich in der Mitte noch ein frischer Kern von Eisenkies erhalten hat; an anderen Orten aber, z. B. in *Fumay* und *Revin*, wo der Eisenkies wahrscheinlich in prismatisch rhombischer Form (als Speerkies) inniger mit dem stark mit Kohle geschwängerten Gesteine vermenget ist, sind daraus Alaunschiefer und thonige Zeichnenschiefer entstanden, die an der Luft ausblühen. Vorläufig will ich hier nur folgende alte Analyse, von *Klaproth*, von einem Alaunschiefer aus der Mark Brandenburg mittheilen, weil solche einen ungefähren Begriff von den voraussichtlichen Resultaten zu geben im Stande ist. Jener Schiefer besteht aus

Kieselsäure	40,00
Thonerde	16,00
Eisen - und Manganox . . .	0,40
Talkerde	0,25
Kohle	19,65
Schwefel	8,85
Wasser	10,75
Schwefels. Eisenoxydul . .	1,80
Schwefels. Kalk	1,50
Schwefels. Kali	1,50
Chlorkalium	0,50

101,20

5*

§. 22. Die vorigen Paragraphen (§. 18 — 21) besprachen nur krystallinische Erscheinungen, welche das äussere Ansehen des Thonschiefers im Allgemeinen nicht verändert haben; wir wollen diesen Gegenstand nur auf einen Augenblick verlassen, um unsere Aufmerksamkeit einem besonderen Falle von plutonischer Einwirkung auf denselben zuzuwenden. Die Entwicklung dieses Einflusses finden wir in der Umgebung von *Martigny* fast durchgängig; und zwar rührt derselbe von dem Petrosilex oder Thermandit her, der wenigstens unmittelbar durchaus keine Spur von krystallinischer Natur aufzuweisen hat; man kann deshalb jene Gesteine recht gut als unvollkommene metamorphische Produkte betrachten. Jedoch wird diese Annahme durch die zahlreichen Gänge von quarzführendem Porphyry modificirt, deren Ausfüllungsmasse bei ihrer Zusammensetzung aus lauter strengflüssigen Mineralien einen sehr hohen Schmelzgrad besitzen muss. Bei einem so innigen Contact aber, wie er hier Statt gefunden hat, mussten die von der injicirten Masse zertrümmerten und umbüllten Schieferschichten dem Einfluss der sie umgebenden Hitze im höchsten Grad ausgesetzt sein und daher eine derselben entsprechende Beschaffenheit annehmen. Diess bedingt denn auch offenbar eine viel stärkere Annäherung zum flüssigen Zustande, als sie bei der Bildung des Thermandits Statt finden konnte; da nun demzufolge den Molekülen viel mehr Raum zu ihren Bewegungen gegeben war, so mussten sich hier also auch die Erscheinungen der Krystallisation am deutlichsten entwickeln.

In dieser Hinsicht würde sich folglich ein erweichtes Gestein ganz in demselben Falle befinden, wie eine salzige Auflösung, aus der sich auch beim Erkalten auf der einen Seite Krystalle ausscheiden, während auf der andern Mutterlauge oder ein die Krystalle aufnehmender Bodensatz gebildet wird. Ausserdem konnten auch Grundstoffe des metamorphosirenden Gesteins mit welchen das metamorphosirten Verbindungen eingehen, aus denen also die grosse Menge verschiedener Mineralien hervorgegangen sein würde, die darin auftreten. Indess ergiebt sich aus der Untersuchung der Contactzonen, dass auch hierin die Natur nur bis zu einer gewissen Grenze gegangen ist. Abgesehen von einigen seltenen Vorkommnissen findet man

dort im Allgemeinen und hauptsächlich nur Chiastolith, Andalusit, Glimmer, Disthen, Staurolith, Chlorit, Uralit, Amphibol, Asbest, Epidot, Granat, Idokras und mehrere Spezien des Felsits. Von diesen verschiedenen Mineralien kommen auch nicht einmal alle in den Umgebungen von *Martigny* vor; und wir können daher vor der Hand von dem allgemeinen Vorkommen derselben absehen und uns einzig und allein an die Thatsachen halten, deren Auftreten in dieser Region hinlänglich festgestellt ist.

Eine der wichtigsten und merkwürdigsten Erscheinungen aber ist die Erhaltung der Schiefertextur unter allen sonstigen Umwandlungen. Schon im §. 17. habe ich einige vorläufige Bemerkungen über diesen Gegenstand zu machen Gelegenheit genommen, welche die Erhaltung der Schieferung trotz der Verschmelzung der einzelnen Schichten betrafen; diese verschwindet dagegen in den entschieden krystallinischen Schiefergesteinen, ja die Spaltbarkeit derselben kann unter denselben Umständen viel grösser sein, als bei dem Dachschiefer.

Und was liegt diesem Verhalten wesentlich zu Grunde? Offenbar wiederum die Krystallisation. Diese erzeugt eine Reihe von Mittelpunkten oder Axen, um die sich die Atome nach gewissen Gesetzen ordnen, ohne darin von der Cohäsionskraft gestört zu werden, die immer benachbarte Moleküle zusammenzuhalten sucht. In dieser Periode der molekularen Wanderung muss eine vollkommene Zerlegung der einzelnen Bestandtheile vorgehen, da man ohne diese die neue Anordnung der Atome gar nicht begreifen könnte; eine Aufhebung des Aggregatzustandes, die um so stärker sein muss, je loser die Theilchen schon an und für sich zusammenhängen. Die Krystallisation kann also, was das Feuer verbunden, wieder trennen, und ist daher im Stande, die durch Schmelzung vernichtete Schiefertextur wieder herzustellen. Hierzu kommt, dass die schon durch andere Ursachen bedingte Aufhebung des ursprünglichen Aggregatzustandes auch noch durch die krystallinische Spaltbarkeit befördert wird; denn Glimmer, Chlorit, Felsit, Amphibol besitzen nicht allein an und für sich eine blättrige Struktur, sondern ordnen sich auch in ihrem Complexe nach bestimmten krystallographischen Gesetzen. Aus diesen verschie-

denen Ursachen einer und derselben Wirkung lässt sich recht wohl die grosse geographische Verbreitung der krystallinen Schiefergesteine erklären.

Diess zugegeben bleibt noch zu erörtern, wie es kommt, dass der Thonschiefer so häufig in Glimmerschiefer übergeht, dass man die Bildung dieses Minerals wirklich als eine sehr allgemeine Erscheinung zu betrachten nicht umhin kann. In Voraussicht einer besseren Erklärung will ich eine Beantwortung dieser Frage versuchen. Die Bezeichnung „Glimmer (*mica*)“ bezieht sich nicht auf einen bestimmten Mineralkörper; sie drückt nur ein gleichmässiges, äusseres Verhalten, keineswegs aber einen festen, generischen Charakter aus und soll überhaupt nur dazu dienen, gewisse Verbindungen der Kieselsäure mit Basen zu bezeichnen, die zwar in ihrem physiographischen Verhalten einander ähnlich sind, aber in ihren optischen Charakteren und ihrer chemischen Zusammensetzung von einander abweichen. Unter der grossen Anzahl verschiedener Glimmer, die Herr *Seebeck* auf die Polarisation des Lichts untersucht hat, fand er nur einen einzigen, den man mit völliger Bestimmtheit zu den optisch-einaxigen rechnen darf. Anderer Seits fand Herr *Svanberg*, dass für die Zusammensetzung aller Glimmer durchaus nicht dieselbe chemische Formel passe, und hält daher den Glimmer mit viel Wahrscheinlichkeit für eine zusammengesetzte Anhäufung verschiedener anderer Mineralien, wie von Oligoklas, Paranthin, Epidot etc., die zu verschiedenen Antheilen darin enthalten wären; vielleicht dürften hierzu auch noch mehr Fluorverbindungen gerechnet werden, deren Auftreten bis jetzt noch nicht hinreichend ermittelt worden ist. So fern es sich nun um die Ausfindigmachung der Ursachen handelt, die dem Genus der Glimmer ein so fast ganz gleiches mineralogisches Aeussere verleihen, bildet die Beschaffenheit dieses Minerals ein wichtiges Problem der Krystallographie, welches auch schon meinen ausgezeichneten Freund *Voltz* beschäftigte, wie er mir einige Zeit vor seinem Tode vertraute. Wir wollen uns der Hoffnung hingeben, einst dieses Räthsel gelöst zu sehen, müssen uns aber vor der Hand nach anderen Thatsachen umsehen, die uns von der Leichtigkeit der Bildung dieses Körpers zu überzeugen vermögen.

Herr Mitscherlich beobachtete die Entstehung von Glimmer nicht allein in den Kupferschlacken von *Garpenberg* bei *Dalarna* in Schweden, sondern entdeckte auch 1831 in den vulkanischen Laven der Eifel, und unter andern auf dem Hohenfels, Fragmente von in Glimmerschiefer umgewandeltem Thonschiefer. Aehnliche Umbildungen des Thonschiefers, im Contact mit Granit wurden in *Cornouaille* von den Herrn *Carne*, *Berger*, *Sedgwick*, *Dechen* und *Oeynhausen* beobachtet. 1833 entdeckte Herr *Naumann* dieselbe Erscheinung bei *Posewitz* in Sachsen. Herr *Seckendorff* bemerkte sie auch in den Umgebungen des Cap's der guten Hoffnung; und in dem Jahren 1834 und 35 endlich machte ich die Entdeckung zahlreicher Beispiele dieses Metamorphismus in den Thälern der *Azergue*, der *Brevenne* und der *Turdine* in der Nähe von *Lyon*.

Indess brauchen wir die Belege für diese mineralogische Erscheinung gar nicht ausserhalb der Alpen zu suchen. *Saussure* hat sie ebenfalls mit ziemlicher Gewissheit am Engpass von *Ferret* beobachtet. Er unterschied sogar unter den Contactprodukten des Kalksteinführenden Schiefers mit Granit vier verschiedene Varietäten. Diejenigen Schieferschichten, welche die ersten Anfänge einer Umwandlung wahrnehmen lassen, bestehen aus wellenförmiger gewundenen, glänzenderen, sich mehr dem Glimmer nähernden Lamellen, verleugnen jedoch ihre Schiefernatur nicht im Geringsten. Die nächstfolgenden Schichten sind noch mehr gewunden, enthalten schon Blätter von wirklichem Glimmer und Quarz eingemengt, und brausen noch mit Säuren auf. Die dritte Abstufung besteht bloß aus Quarz und Glimmer und braust daher auch nicht mehr mit Säuren auf. Das letzte Glied endlich liegt unmittelbar auf dem Granit, ist graulich, von sehr granitischer Natur und besteht aus kleinen Körnern von Quarz, Felsit und Glimmer; es wird mehrfach von Gangadern durchsetzt, erreicht jedoch jenen Zustand vollkommen erst einige Decimeter über die Gränze mit dem Granit hinaus. Der ganze metamorphosirte Schichtenkomplex ist im Ganzen wenig mächtig, an manchen Punkten nicht über 0, 15 Lr. (0,3 m).

Vergleicht man diess jetzt mit den Gebirgsverhältnissen bei *Martigny* (S. §. 8 und 9) so kompliziren sich die Gesammter-

scheinungen allerdings etwas; denn dort tritt mit dem Glimmer zugleich auch Feldspath zusammen auf und beide konstituiren daher eine Art Gneiss, welche Paragenese wohl zu berücksichtigen ist, will man sich anders eine genügende Erklärung verschaffen.

Wie aus den Analysen im §. 13. hervorgeht, enthalten manche Thonschiefer, wie z. B. der von Goslar, Bendorf, Prag etc. kleine Mengen von Kali, Natron und Kalkerde. Nun könnten diese Alkalien zum Theil an die Kieselsäure, zum Theil an die Thonerde gebunden sein, und daher zur Bildung sowohl des Feldspathes, als des Glimmers Veranlassung gegeben haben. Allein eine solche Bildung auf Kosten der alleinigen Grundbestandtheile des Gesteins liegt schon deshalb ausser aller Wahrscheinlichkeit, weil in manchen Fällen nur eine kleine Feldspathparthie in einer grossen Glimmermasse inneliegt, während in anderen das umgekehrte Verhältniss Statt findet, und weil zweitens sowohl Glimmer als Feldspath viel mehr alkalische Basen enthalten, als der Thonschiefer herzugeben im Stande wäre. Also auch hier gewähren die durchsetzenden Gänge wieder das beste Anhalten, denn diese müssen offenbar die obigen Vorgänge vermittelt haben; es ist nämlich bei der Ausfüllung der Gangspalten der Feldspath gewaltsam oder nach und nach in das Nebengestein hineingedrungen, wobei ihn die Capillarität der Schieferlamellen so kräftig unterstützte, dass er selbst in die feinsten Zwischenräume der Schichtung sich einziehen konnte.

Es ist aber auch nicht einmal bei solchen bloß mechanischen Durchdringungen verblieben; vielmehr scheinen jene Gänge der Kieselsäure und Thonerde auch Fluor und Alkalien oder alkalische Erden zugeführt zu haben, woraus denn Verbindungen entstanden, die je nach den Umständen mehr oder weniger häufig auftreten. Dass eine solche Einwirkung wirklich Statt gefunden habe, geht am besten aus folgenden beiden Analysen des Herrn *Walker* von dem ursprünglichen (*a*) und dem veränderten (*b*) Thonschiefer von *Lochend* bei Edinburgh hervor:

	<i>a</i>	<i>b</i>
Kieselsäure	58,22	53,25
Thonerde	17,50	17,56
Eisenprotoxyd	10,53	—
Eisenoxyd	—	8,64
Kalkerde	Spur	6,62
Talkerde	4,62	2,70
Natron	2,02	7,85
Wasser	6,70	2,23
	99,59	98,85

Vernachlässigt man hierin das Wasser und fasst sämtliche Basen ausser der Thonerde zusammen, so hat man

	<i>a</i>	<i>b</i>
Kieselsäure	62,60	55,11
Thonerde	18,82	18,17
Verschiedene Basen	18,58	26,72
	100,00 ,	100,00

Der veränderte Thonschiefer enthält also ungefähr 8 Proc. Basen, namentlich Kalkerde und Natron, mehr, als der unveränderte. Ueberdiess ist dieser Thonschiefer nach der Beobachtung des Herrn *Jameson* noch gar nicht vollkommen metamorphosirt, sondern hatte nur das Aussehen eines dichten Felsitgesteins, d. i. eines Petrosilex oder eines Thermandits gewonnen, ähnlich wie der an der Cascade von *Pissevache*, so dass man bis auf Weiteres auch hier einen ähnlichen chemischen Vorgang vorauszusetzen berechtigt sein dürfte. Beiläufig bemerkt, sind es dort sowohl im Thonschiefer, als im Kohlen-sandstein Grünsteingänge, welche die Metamorphose bewirkt haben.

Was nun die mechanische Folge der Bildung jener Gänge, um auf diese zurückzukommen, anlangt, so bestand sie eines Theils in einer Injektion in mehr oder minder mächtige Spaltenausläufer, andern Theils in einer kapillarischen Aufsaugung

der heissflüssigen Gangmasse in die Schieferlamellen. Im ersten Falle hatte der Felsit begreiflicher Maassen hinreichenden Raum zum Krystallisiren und ertheilte daher dem Gestein eine porphyrartige Textur, während er in zweiten Falle meistens seinen dichten Zustand behielt. Beide extreme Fälle mussten natürlich auch vielfache Abstufungen und Uebergänge in einander bilden. Ebenso konnte der Glimmer je nach dem Grad der Erhitzung mehr oder weniger vollständig zur Krystallisation gelangen. Die, wie man sieht, sehr verschiedene Textur dieses sekundären Gneisses macht zugleich den absoluten Unterschied von dem Urgneiss aus, der stets, wenigstens auf sehr beträchtliche Mächtigkeiten, eine und dieselbe Textur zeigt. In manchen Bruchstücken des Gesteins von *Martigny*, worin ebenfalls Glimmer vorkommt, findet man nicht selten grünliche, mit Trümmern von Feldspathkrystallen ausgefüllte teigartige Massen, die aber in dem porphyrartigen Gneiss, wo mehr Glimmer und Felsit vorwaltet, wieder verschwinden. — Geht die Durchdringung mit Felsit noch weiter, so entsteht dadurch ein weisses, körniges Gestein, welches nur die Zerklüftung des Schiefers noch erhalten zeigt; diese Zerklüftung geht auch allmählig in eine unregelmässige säulenförmige Absonderung über, und das Gestein ist mit silberweissen, perlmutterglänzenden Glimmerblättchen überzogen und fühlt sich daher etwas fettig an.

In den Anthrazitführenden Sandsteinen aller Glieder der alpinischen Juraformation können natürlich ebenmässig Glimmerblättchen und Quarzkörner vorkommen; andere Gesteinsmassen aber aus derselben Bildungsepoche bestehen aus dünnen Thonschieferschichten, die mit ebenso dünnen Lagen von Kie-selsandstein abwechseln. Ist nun auch in diesen letzteren eine Metamorphose erfolgt, so überlagern einander seltsamer Weise Gesteine, die zwar in ihrem petrographischen Aeusseren einander ziemlich ähnlich, in ihrer Entstehungsweise aber sehr verschieden sind. Diese Erscheinung lässt sich namentlich dann beobachten, wenn, wie in den alpinischen Gesteinen so häufig, durch Frittung die Farbe verändert wurde oder der ursprünglich Glimmerführende schiefrige Sandstein eine mehr dichte Beschaffenheit annahm.

Derartige Metamorphosen in den Anthrazitführenden Sandsteinen haben unter anderen auch die Bildung der Glimmerführenden Quarzschiefer veranlasst, die manche Geognosten dem Glimmerschiefer zuweisen wollen. Wenn diess auch als mineralogische Eintheilung an und für sich ganz richtig sein kann, so ist es doch viel zu schwankend für eine geognostische Classification. Der Name „Glimmerschiefer“ gebührt mit Recht nur demjenigen primitiven Gestein, welches, abgesehen von accessorischen Gemengtheilen, immer nur aus Quarz und Glimmer besteht; diese Gleichförmigkeit der petrologischen Constitution steht also im graden Gegensatze zu den ewigen Schwankungen in den Gemengtheilen der Glimmerführenden, metamorphischen Schiefer. In den meisten Fällen lässt sich von einem solchen metamorphischen Glimmerhaltigen Quarzschiefer höchstens die Gruppe von Formationen angeben, der er angehört, während über einen primitiven Glimmerschiefer Niemand im Zweifel sein kann; selbst in den Alpen hat man ihn nirgends mit den metamorphosirten sekundären Bildungen verwechselt. Herr *Gras* hat z. B. auch in dem östlichen Alpengebiet solche Gesteinsbildungen aufgefunden, deren dortiges Auftreten ich schon im Jahr 1811 andeutete (*Ann. de la Soc. Royale d'Agr. etc. de Lyon, S. IV. pag. 132*). Herr *Gras* sagt u. A. sehr richtig: „Diese Bildungen enthalten nur untergeordnet Lagen von Thonschiefer und Sandstein mit Pflanzenversteinerungen. Ihr Aussehen und ihre mineralogische Beschaffenheit erinnert ganz und gar an das Gebirge, auf welchem im mittleren Frankreich und anderwärts sämtliche Uebergangs- und Flötzgebilde liegen.“ Uebrigens soll mit Obigem keineswegs gesagt sein, als wenn der Urglimmerschiefer nicht ebenfalls metamorphisch sein könne; allein bei ihm hat der Metamorphismus doch durchaus nur selten eine völlige Revolution in den Gesteinsverhältnissen hervorgerufen. Ich verweise in dieser Hinsicht nur auf eine der Lyoner Gesellschaft für Ackerbau u. s. w. am 23. Februar 1844, mitgetheilte Notiz über die Erzlagerstätten des *Aveyron*, so wie auf eine andere über das Vorkommen kleiner Quarzgänge (18. April 1845). Bei dieser Gelegenheit will ich noch bemerken, dass ich die Grundlagen zu der vorstehenden Theorie des Metamorphismus im

Thonschiefer im Jahre 1835, in den *Ann. de Chimie et de Physique* in einem Briefe veröffentlichte, worin ich mich unter Anderem auch über die Art und Weise der Imprägnation von Gesteinen mit Erzen, Felsit, Quarz und Dolomit aussprach. So weit es mir nöthig erschien, habe ich allerdings jetzt einige damals ausgesprochene Ansichten in etwas modifizirt; nichts desto weniger aber bleibt es Erfahrungsmässig, was ich schon damals bewiesen, dass der Thonschiefer unter der vereinten Reaktion der Hitze und gewisser schmelzbarer Substanzen seine Schiefertextur verliert. Letztere durchdringen das Gestein mit ausserordentlicher Leichtigkeit, sei es nun durch blosse Infiltration, sei es durch die Capillarattraktionskraft des Gesteins; und eine solche innige Berührung musste nothwendig chemische Reaktionen zur Folge haben.

Zur Ueberzeugung von der Richtigkeit dieser meiner Vermuthungen gelangte ich zu derselben Zeit, als Herr *Virlet* im *Bull. de la Soc. géol.* 1835 p. 313, der Theorie des Metamorphismus elektrochemische Einflüsse, vielleicht eine Folge hoher Temperatur, unterlegte. Später nahm auch Herr *Bronn* die von mir erlangten Resultate in seiner reichhaltigen und gelehrten „Geschichte der Natur, 1841,“ auf. Uebrigens bezeichnet derselbe die metamorphosirten Gesteine je nach dem Grade des Metamorphismus als Gesteine der Injektion, Transformation und Confusion; und 1844 schlug Herr *Virlet* die Benennung: Durchdringungsgesteine, *roches d'imbibition*, vor. Wie man sieht, ist dieser Zweig der Geologie keineswegs so vernachlässigt worden, als Letzterer in seiner Mittheilungen bei der Versammlung in *Chambéry* vorausgesetzt zu haben scheint. Ueberdiess sind auch meine im *Bull. de la Soc. géol.* 1844, p. 812, als unveröffentlicht angegebenen Untersuchungen zu einem Grade der szientifischen Publicität gelangt, als ihn die Verbreitung der *Ann. de Chemie et de Physique* nur gewähren kann. Offenbar kommt es hier nicht auf den Vorzug der ersten Entdeckung des Metamorphismus an; denn diese ist viel älter, da schon Herr *Boué*, im Jahre 1823, die Ansicht aussprach, die felsitischen Schiefergesteine möchten metamorphische Produkte sein; aber die Erklärung der aufgefundenen Thatsachen

ist das, was in Frage zu stellen ist; habe ich eine richtigere Theorie aufgestellt, als Andere, und muss ich mir vielleicht Glück wünschen, dass Herr *Virlet* später ebenfalls mit meinen Ideen hervorgetreten ist? Ich hoffe, die Zukunft wird das lehren.

§. 23. Schon im §. 6. war die Rede davon, dass in den Schiefern von *Martigny* kleine, besonders Quarzführende Gänge von jedenfalls eruptiver Entstehung aufsetzen, wie solches aus der Streifung der Spaltenwände hervorgeht, die als eine Folge der bei der Injektion Statt gehabten Reibung zu betrachten ist. Uebrigens gehören sie ursprünglich sicher irgend einer felsitischen Gesteinsmasse an und müssen, nach der Strengflüssigkeit des Quarzes zu urtheilen, einem sehr hohen Hitzgrad ausgesetzt gewesen sein.

Durch Einschliessung von Thonschieferfragmenten gewinnen sie das Ansehn von grünlichem, schuppigem Chlorit, welche Art von Umbildung man auch an verschiedenen anderen Punkten der Alpen sich wiederholen sieht. In den Umgebungen von *Moutiers* in der *Tarentaise* z. B. findet man einen dem zweiten Anthrazitführenden Gliede der Grauwackengruppe (devonisches System) angehörigen schwarzen Thonschiefer; dieser zeigt die krystallinische Entwicklung hauptsächlich im Kontakt mit Quarzgängen, welche zuweilen Titan und etwas Eisenglanz, öfterer noch Spatheisenstein führen.

Aus der grünen Färbung und den gewunderen Formen der Schieferlamellen geht es übrigens auch schon hervor, dass dieses Gestein sich nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustande befinde. Ganz dieselben Beziehungen zwischen eruptivem Quarz und Thonschiefer sind auch anderorts, z. B. in *Sain-Bel* sehr scharf und bestimmt ausgesprochen; man findet dort nämlich Schieferbruchstücke, die an dem einen Ende noch grau oder grün, fettig anzufühlen und gefältelt sind, am anderen Ende dagegen fast keine Spur von Schieferigkeit mehr zeigen.

Aus einer derartigen krystallinischen Entwicklung lässt sich schliessen, dass der Thonschiefer von dem Punkt an, wo er einer entsprechend hohen Temperatur ausgesetzt wurde, einen chloritischen Zustand annahm; wie viel übrigens dabei von dem oder jenem Gemengtheil antheilig war, kann hier in gar

keinen Betracht kommen; denn wenn auch von dem einen oder dem anderen ein Ueberschuss vorhanden war, so blieb derselbe, während das Uebrige zur Krystallisation gelangte, im amorphen Zustand in der Masse oder zwischen den Lamellen zurück. Letzteren Umstand findet man auch deutlich genug bei manchen in Chloritschiefer umgewandelten Thonschiefern, die dabei aber von Gängen und dergleichen so weit entfernt liegen, dass eine Durchziehung des Gesteins mit Gangmasse nicht vorauszusetzen ist; denn jene enthalten dann noch kleine weisse körnige Partien von unbestimmter Beschaffenheit. Ferner bedingen auch die chemische Zusammensetzung, der Grad der Erhitzung und die Langsamkeit der Erkaltung in den Gesteinen verschiedene Zustände der Krystallinität und Durchsichtigkeit, die an verschiedenen Punkten, ja selbst an einer und derselben Stelle merklich verschieden sein können; so findet man in *Sain-Bel* ziemlich ausgedehnte Lagen, die aus einem grünen, fettigglänzenden, durchsichtigen und daher ganz Talkartigen Gemenge bestehen, in der Hauptmasse eines Gesteins liegen, welches ein kleinflasriger, harter, mehr oder weniger grünlich gefärbter Schiefer konstituiert.

Denkt man sich diesen ganz einfachen Metamorphismus auf unbestimmte Grenzen hinaus erweitert, so erklärt sich daraus das häufige Vorkommen chloritischer Schiefer in der mittleren und unteren Grauwacke, die von Porphyren und anderen Eruptivgesteinen durchbrochen ist. Auf gleiche Weise können die ebenfalls mit Chlorit gemengten und nicht selten Feldspathreichen Schiefer im Thale von *Anniviers* in Wallis gebildet worden sein, worin die Kupfererzgänge von *Biolet*, *Golière* etc. aufsetzen; ebenso auch die sogenannten Talkschiefer dieses Gesteinskomplexes. Nicht selten ist übrigens der Uebergang vom Thonschiefer in Chloritschiefer so undeutlich, dass sich scharfe Grenzen zwischen beiden Gesteinen kaum bestimmen lassen. *Saussure* blieb über die Natur derselben lange in Zweifel und liess sich endlich von *Werner* eine Suite sogenannter Chloritschiefer aus anderen Ländern kommen, er fand aber, dass dieselben fast gar keinen Chlorit enthielten, und glaubte deshalb eine bestimmtere Bezeichnung für jene aufsuchen zu müssen.

Gleichwohl hat sich die *Werner'sche* Benennung noch in soweit erhalten, als die grünen, schuppigen krystallinischen Schiefergesteine noch den Namen „Chloritschiefer“ führen. In den Alpen heissen dieselben Gesteine aber merkwürdiger Weise „Talkschiefer,“ eine Abweichung in der Bezeichnung, die offenbar auf einer besonderen Eigenthümlichkeit des alpinischen Vorkommens beruhen muss und daher recht wohl Berücksichtigung von Seiten der Geognosten verdiente. Diese Eigenthümlichkeit besteht einestheils in einer abweichenden mineralogischen Zusammensetzung, anderntheils aber in einer verschiedenen Entstehungsweise; gleichzeitig dürfte aber dennoch zwischen diesen und anderen Vorkommnissen hinsichtlich des Metamorphismus vollkommene Uebereinstimmung Statt finden, wie sich das mit Hülfe der Mineralogie und Chemie näher auseinander setzen lässt.

Talk besteht bekanntlich aus einem Talkerdesilikat mit geringem oder gar keinem Thonerdegehalt, wie aus folgenden Analysen von Talken verschiedener Fundorte einleuchtet.

	Schuppiger Talk vom <i>Pt-St-Bernard</i> <i>Berthier</i>	Blättertalk <i>v. Ste-Foix</i> <i>Berthier</i>	Plattentalk vom <i>Gotthardt</i> <i>Klaproth</i>	Talk <i>v. Grainer</i> <i>Kobell</i>	Talk von <i>Chamouni</i> <i>Marignac u.</i> <i>Descloiseaux</i>
Kieselsäure	55,6	58,2	62,00	62,8	62,45
Talkerde	19,7	33,2	30,50	32,4	35,44
Eisenprotoxyd	11,7	4,6	2,50	1,6	2,02
Kalkerde	8,1	—	—	—	—
Thonerde	1,7	Spur	—	1,0	—
Kali	—	—	2,75	—	—
Glühverlust u. Wasser	2,6	3,5	0,50	2,3	0,04
	99,4	99,5	98,25	100,1	99,95

Unter den Chloriten dagegen findet man einige Spezien, die, abgesehen von ihrem Talkerdegehalte, besonders reich an Thonerde sind. Die Analysen von *Marignac*, *Descloiseaux*, *Warrentrapp* und *Thomson* geben hiervon den nöthigen Ausweis:

	<i>Pennin</i>	<i>Chlorit</i>	<i>Ripidolith</i>	<i>Vermiculit</i>
Kieselsäure	33,69	30,11	26,69	49,08
Thonerde	13,75	19,45	19,58	7,28
Talkerde	33,95	33,27	19,79	16,96
Eisenprotoxyd	3,58	—	21,05	—
Eisenperoxyd	1,90	4,61	—	16,12
Manganprotox.	—	—	0,54	—
Wasser	13,13	12,52	11,22	10,28
Unlöslicher Rück- stand	—	—	1,12	—
	100,00	99,96	99,99	99,72

Also entspricht die Zusammensetzung weder des einen, noch des andern dieser Mineralkörper der geologischen Entstehungsweise des Chloritschiefers, wenn man solchen als eine Metamorphose des Thonschiefers ansehen will; denn der ältere Thonschiefer ist, wie erwähnt, jedenfalls als sehr arm an Talkerde zu betrachten, während diese Erde in den Chloriten, wie im Talk einen Hauptbestandtheil ausmacht.

Indess tritt in den Alpen eine besondere Art grüner, krystallinisch schuppiger Schiefer auf, die ebenfalls einen ziemlich hohen Talkerdegehalt besitzen, und von denen sich wegen seiner Reinheit besonders ein Speckstein, Briançonner Kreide genannt, auszeichnet. Hier folgen die Analysen dieser und einiger anderer hierher gehörigen Gesteinsvarietäten:

	Briançonner Kreide <i>Vauquelin</i>	Chloritschiefer von Pflsch (Tyrol) <i>Warrentrapp</i>	Schief. Chlorit von <i>Gruner</i>	Topfstein von <i>Chiavenna</i> <i>Wiegleb</i>
Kieselsäure	61,25	31,54	29,50	38,12
Thonerde	1,00	5,44	15,62	6,66
Talkerde	26,25	14,54	21,39	38,54
Eisenoxyd	1,00	10,18	23,39	15,62
Kalkerde	0,75	—	1,50	0,41
Wasser	6,00	9,32	7,38	—
Flusssäure	—	—	—	9,11
	96,25	98,02	98,78	99,76

Selbst unter der Voraussetzung, dass der Thonschiefer bei der Metamorphose in seiner chemischen Zusammensetzung

ausserordentlich verändert worden sei, lässt sich nicht absehen, wie dadurch Verbindungen, wie die eben erwähnten, entstehen konnten, um so weniger, als eine solche Umbildung des Thonschiefers nur allmählig und nicht selten in sehr bedeutender Entfernung von plutonischen Gesteinen vor sich ging. Eben so wenig reicht man hier mit der Annahme einer Krystallisation aus; denn wenn bei dem Glimmerschiefer während des Kontakts eine Verschmelzung der Gemengtheile des plutonischen Gesteins mit denen des Flötzgesteins stattfand, so darf man eine solche in diesem Falle doch auf keinen Fall präsumiren.

Glücklicher Weise ist auch eine jede solcher Hypothesen unnöthig, denn Talkerdehaltige Talk- oder Chloritschiefer sind unbedingt nichts weniger, als metamorphische Thonschiefer; sie stehen vielmehr im innigen Zusammenhang mit eruptiven Serpentinegesteinen und enthalten dieselben accessorischen Gemengtheile, wie diese, als Magneteisenstein, Eisenglanz, Magnetkies, Kupferkies, Granat, Amphibol, Talk, Sphen und Magnesit, während dieselben in dem grünen, schuppigen, metamorphischen Thonschiefer gänzlich fehlen.

So lange nun eine genaue Analyse des metamorphischen, sogenannten Chloritschiefers nicht vorhanden ist, so lange müssen wir auch die Bezeichnungen „Talk-“ und „Chloritschiefer“ in ihrer jetzigen ausgedehnten Anwendung als mangelhaft ansehen; denn sie werfen metamorphische und eruptive Gesteine auf eine Weise unter einander, dass eine Verständigung der Geologen in dieser Beziehung rein unmöglich ist. Eine Nomenklatur soll ja nicht allein bequem, sondern auch scharf bezeichnend sein, wenn anders nicht die grösste Unklarheit in bezügliche wissenschaftliche Erörterungen hineinkommen soll. Berücksichtigte man immer, dass Nichts dem Fortschritte der Wissenschaft hemmender in den Weg tritt, als die Anwendung gewisser Bezeichnungen, die an und für sich etwas ganz Bestimmtes ausdrücken sollen, auf Dinge, die aller wissenschaftlichen Bestimmung entbehren, so hätte man auch obige Zweifel gelöst und könnte hinsichtlich des geologischen Chaos in den Alpen längst ins Reine gekommen sein.

Allerdings könnte man bezüglich jener besonderen Classe metamorphischer Schiefer wohl noch die Frage aufwerfen, ob die Annahme der Existenz derselben nicht auf die vorgängige Kenntniss gewisser Mineralien begründet werden müsse, die zwar dieselbe schuppige Textur, aber nicht denselben Reichthum an Talkerde, wie der Chlorit, besässen. Die Antwort hierauf liegt in den hier folgenden Analysen; diese betreffen den von *Dolomieu* in dem Glimmer- oder Talkschiefer der Alpen aufgefunden Nakrit, (*a* und *b*), den grünen Glimmer von *Neu-Braunschweig* in der Maine in den Vereinigten Staaten (*c*), den Nakrit von *Merowitz* (*d*) und den auf Quarzgängen vorkommenden Pyrophyllit von *Beresowsk* am Ural:

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
	<i>Vauquelin</i>	<i>Vauquelin</i>	<i>Thomson</i>	<i>John</i>	<i>Hermann</i>
Kieselsäure	50,00	56,00	64,44	60,20	59,79
Thonerde	26,00	18,00	28,84	30,83	29,46
Eisenoxyd	5,00	4,00	4,43	3,55	1,80
Kalkerde	1,50	3,00	—	—	—
Kali	17,50	8,00	—	—	—
Talkerde	—	—	—	—	4,00
Salzsäure	Spur	—	—	—	—
Silberoxyd	—	—	—	—	Spur
Wasser	—	6,00	1,00	5,00	5,62
Verlust	—	5,00	—	—	—
	100,00	100,00	98,71	99,58	100,67

Diese Mineralien, die einst wohl noch eine genauere mineralogische Bestimmung erfahren werden, zeigen schon denselben Reichthum an Kieselsäure und Thonerde, der auch für den Thonschiefer so bezeichnend ist. Manche davon, wie der grüne Glimmer von *Neu-Braunschweig*, der Nakrit von *Merowitz* und der Pyrophyllit sind sogar ziemlich einfach zusammengesetzt, was allerdings bei dem alpinischen Nakrit nicht der Fall ist. Es ist also ganz offenbar, dass auch bei ganz verschiedener chemischer Zusammensetzung noch eine schiefrige oder schuppige Textur vorkommen kann, ein Beweis mehr für die Richtigkeit der Bemerkungen hinsichtlich des Glimmers in §. 22; zugleich aber auch ein Beweis, wie leicht sich Thon-

schiefer in sogenannte chloritische Gesteine umwandeln kann. Weiteren Aufschluss über diese Produkte einer Transkrystallisation in den Gesteinen müssen jedoch erst noch zu erwartende, ausreichende Analysen der charakteristischen Gesteine geben, wobei dann natürlich auch noch auf die Stellung des betreffenden Gesteins gegen Eruptionen, auf kapillare Durchziehung mit fremden Stoffen, und auf eine Trennung der Grundstoffe in Folge der Krystallisation Rücksicht zu nehmen sein würde. Freilich gewinnt man dadurch schwerlich an Einfachheit; allein es bedarf wohl auch kaum der Bemerkung, dass diese Gesteine die Aufmerksamkeit der Chemiker in viel höherem Grade verdienen, als jene seltenen Mineralien, die leider jetzt deren ganze Thätigkeit in Anspruch nehmen. Es ist weit wichtiger und verdienstlicher, die Hauptbestandtheile unserer Erdrinde hinlänglich kennen zu lernen, als auf unwichtige Entdeckungen auszugehen. Wenn auch Geologie und Chemie nicht immer im vollkommenen Einvernehmen stehen, so lässt sich eine Theorie doch immer leicht nach den gemachten Entdeckungen umformen; aber man sieht auch ein, dass man diess nicht zu einer Zeit kann, wo man manche Schiefer, wie z. B. den Wetzschiefer, bloss deshalb für Talkerdehaltig halten muss, weil sie zuweilen mit Talkerdesalzen ausblühen. Uebrigens wird man vernünftiger Weise doch kaum unsere neueren genauen Analysen verschiedener Thonschiefer (S. §. 13) deswegen für unrichtig oder mangelhaft erklären, weil eine alte Analyse eines Angleseyer Schiefers von *Kirwan* einen gewissen Talkerdegehalt angiebt; er fand nämlich

Rieselsäure	38,0
Thonerde	26,0
Talkerde	8,0
Kalkerde	4,0
Eisenperoxyd	14,0
Verlust	10,0
	100,0

§. 24. Die vier Gesteine, welche hauptsächlich die Flötzformationen konstituiren, nämlich Kalksteine, Thone, Sandsteine

und Inflammabilien, sind einer Metamorphose nicht unzugänglich. Allein aus demselben Grunde, warum pulverförmige Körper durch chemische Reagentien viel leichter, als feste Substanzen, angegriffen werden, dehnt sich auch hier unter übrigens gleichen Umständen der Metamorphismus hauptsächlich nur auf Gesteine aus, die wegen ihrer Porosität von flüssigen Körpern leichter durchdrungen werden können; mit einer grösseren Oberfläche bieten sie auch mehr Berührungspunkte dar und unterliegen folglich auch stärkeren molekularen Einwirkungen. Aus diesem und keinem anderen Grunde spielt der Thonschiefer unter den durch heissflüssig emporgestiegene Gesteine veränderten Flötzgebilden eine so wichtige Rolle und zeigt oft den Einfluss einer kräftigen Metamorphose, wo die benachbarten Kalk- und Sandsteinschichten nur schwache Spuren davon wahrnehmen lassen; und die Metamorphose hat bei ihm oft so seltsame physikalische Veränderungen hervorgebracht, dass solche dem mit dem Metamorphismus nicht vertrauten Beobachter durchaus als Anomalien erscheinen müssen.

Der mechanische Widerstand, den ein Gestein unter allen Umständen dem Eindringen von Gängen entgegensetzt, kann jedoch durch die grössere Leichtflüssigkeit und die Stärke der chemischen Verwandtschaft zum Theil kompensirt werden; und da der Kalkstein beide Eigenschaften in ziemlich hohem Grade besitzt, so befindet auch er sich öfters im metamorphischen Zustand. Er fesselte auch in dieser Hinsicht die Aufmerksamkeit der Geologen zuerst; ja er lag den ersten allgemeineren Theorien über den Metamorphismus zu Grunde. Wir haben daher auch nicht nöthig, über die Bildung saliner Kalksteine durch Schmelzung dichter oder erdiger Kalksteine etwas Weiteres hinzufügen, da sie chemisch und geologisch längst erwiesen ist.

Ebenso können wir deshalb die einfache Krystallisation des Kalksteins von *Martigny* (S. §. 8) völlig übergehen. Einer näheren Erwähnung aber bedarf noch die unter gleichen Verhältnissen auftretende Bildung von Granat, Idokras u. dergl., um so mehr, als manche Geognosten es kaum der Mühe werth halten, solche sogenannte accessorische Mineralien zu erwähnen,

sondern diese lediglich in des Bereich der Mineralogie verweisen. Offenbar führt uns im Gegentheil die überall erkennbare, planmässige Anordnung der Natur von selbst darauf hin, dass auch seltenere Mineralien ihren Theil zur Harmonie des Ganzen beitragen; das Wie und Warum zu bestimmen, reichen unsere heutigen Erfahrungen allerdings noch nicht aus; allein wir gelangen auch wiederum viel eher zu übereinstimmenden, einfachen Schlüssen dadurch, dass wir den Gang der Natur nicht in seinem ganzen Umfange begreifen und verfolgen können. Darin liegt nun aber auch keineswegs ein Grund, für die chemische Geologie so äusserst wichtige mineralogische Data zu vernachlässigen; vielmehr sind wir jedenfalls den Männern der Wissenschaft zu Dank verpflichtet, die ihre grossartige Aufgabe besser umfassend, bei ihren Untersuchungen mehr ins Detail einzugehen und die wichtigen Ergebnisse der Oeffentlichkeit vorzulegen, sich die Mühe geben.

Zu den Silikaten, worin die Kalkerde die Hauptrolle spielt, gehören insbesondere der Wollastonit, mancher Pyroxen, Granat und Idokras, Paranthin und Gehlenit. Die meisten von diesen Verbindungen lassen sich auch auf künstlichen Wege darstellen, wie folgende interessanten chemischen Versuche erwiesen haben.

Herr *Berthier* behandelte in einem Gestübetiegel ein dem Wollastonit entsprechendes Bisilikat (Ca^3Si^2) und erhielt einen, durchsichtigen Stein von körnigem Bruche, in dessen Blasenräumen deutliche und scharf ausgebildete, aber sehr kleine Krystalle sassen. Dasselbe Produkt entdeckte 1837 Herr *Hausmann* in Hohofenschlacken.

Aus Kalk- und Talkerdesilikaten künstlich gebildete Pyroxene gleichen den natürlichen vollkommen.

Herr *Mitscherlich* stellte künstlichen Granat dar.

Idokras fand Herr *Hausmann* 1837 gleichfalls in Hohofenschlacken und schon *Berthier* erwähnt in seinem *Traité de la voie sèche*, ein dem Idokras ähnliches krystallinisches Produkt, welches auf einer Hütte bei *Mertyr - Tiedwiel* in *Wales* gefallen war.

Nach den Untersuchungen *Klaproths* und *Kobells* sind Granat und Idokras dimorphe, chemisch aber gleichartig zusammengesetzte Körper. Diess bestätigte 1831 auch *Magnus* und fügte die Beobachtung hinzu, dass beide, nach Gestalt, spezifischem Gewicht und Härte so verschiedenen Mineralien nach einer Schmelzung ganz dieselbe Farbe, Glanz, Härte und spezifisches Gewicht annehmen. Ausserdem verlieren beide durch die Schmelzung an spez. Gewicht; beim Granat beträgt dasselbe in seinem krystallinischen Zustand 3,6, beim Idokras 3,4; nach der Schmelzung aber bei beiden nur 2,95. Allerdings wurden diese Aufstellungen von Herrn *Iwanow* heftig angegriffen, gleichwohl aber auch von *Warrentrapp* vollkommen richtig befunden. Wenn man allerdings keine Krystalle, sondern nur derbe Partien Granat oder Idokras findet, wie das in Gesteinen sehr häufig der Fall ist, so kann wohl ihre grosse Aehnlichkeit Veranlassung zur Verwechslung beider Mineralien werden; eben so wenig reicht man dann auch mit dem Löthrohr aus; zwar hat man in dem Verhalten beim Schmelzen einen spezifischen Unterschied beider begründen wollen, indem der Granat klar und ruhig, der Idokras dagegen mit Aufbrausen zur Kugel schmilzt; allein diese *causa discernendi* ist hier deshalb nicht statthaft, weil beiderlei Verhalten beim Schmelzen den meisten Kalk-Thonerdesilikaten, mithin auch manchem Granat und Idokras gemein ist. Ueberdiess können auch sehr unbedeutende Ursachen, z. B. kleine Unterschiede in der Temperatur, chemischen Zusammensetzung, u. s. w. Uebergänge des einen Minerals in das andere veranlassen haben. Trotzdem wird man sie aber, von dem allgemeinen Gesichtspunkte ihrer Bildung aus, nicht von einander trennen.

Eben diese Bildung von Granat und Idokras, so wie von den andern erwähnten Mineralien (Pyroxen, Paranthin, Gehlenit etc.) erfolgt in hoher Temperatur, wenn an manchen Kalkstein Antheile von Kieselsäure und Thonerde treten, z. B. wenn dichter Kalkstein in mergeligen Kalkstein übergeht, oder wenn Kalkstein mit Sandstein und Thonschiefer wechsellagert, oder endlich wo sich Kalkstein im Contact mit Felsit- und anderen Gängen befindet. Trotz dieser Einflüsse war jedoch bei dem zugleich stattfindenden hohen Drucke eine gänzliche

Entbindung der Kohlensäure des Kalksteins nicht möglich; und die Bildung jener Mineralien konnte daher auch nur bis zu einer gewissen Grenze fortgehen. Herr *Petzholdt* hat darüber folgenden Versuch angestellt. Er füllte nämlich eine hermetisch verschlossene, eiserne Röhre mit einem Gemenge aus gleichen Theilen kararischen Marmors und Kieselsäure und erhitzte dasselbe eine Stunde lang bis zur heftigsten Weissglühhitze; er erhielt eine gewisse Menge kieselsauren Kalk, die genau der Menge Kohlensäure entsprach, welche im Beginn der Operation ausgetrieben worden war und sich in die Poren der Masse hineingezogen hatte; beim weiteren Fortgang aber verhinderte die Spannung der Kohlensäure jede fernere Entwicklung und damit hörte natürlich auch die Bildung von kieselsaurem Kalk auf. Mit einigen Modifikationen nach dem Grade der Porosität, Zerklüftung oder Dichtheit der Gesteine, so wie nach der Höhe der Temperatur muss auch in der Natur dasselbe Gesetz befolgt und verschiedene Modifikationen in den Resultaten desselben hervorgebracht worden sein.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen können wir nun zu den einzelnen Ablagerungen übergehen, worin Granat und Idokras offenbar als Hauptprodukte der Metamorphose von Kalksteinlagern auftreten.

Den ersten Idokras, den man kannte und welcher von *Romé de l'Isle* bestimmt wurde, fand man im vulkanischen Tuff der *Somma* in Kalksteinblöcken von verschiedenem Alter, welche Herr *Dufrénoy* deshalb als Geschiebe betrachtet. Wirklich sind auch manche davon noch mit vielen *Serpulaindividuen* bedeckt oder tragen sonstige Spuren eines längeren Aufenthaltes im Meere. Hier und da geht der Kalkstein derselben aus dem dichten in den kry stallinischen Zustand über, und in den Drusenräumen des letzteren findet man dann den Idokras in Gesellschaft einer Menge anderer Mineralien, als Granat von mehreren Farben, Wollastonit, Nephelin, Meïonit, Sodalith, Augit, Amphibol, Hornblende und Grammatit, Leuzit, Olivin, Harmotom, Thomsonit, Davyn, Sarkolith, Humit, Humboldtith, Monticellit, Biotin, Chondrodit, Epidot, Prehnit, Philippsit, Anorthit, Cotu-

mit, Forsterit, Ryakolith, Zurlit, Hauyn, Glimmer, Chlorit, Talk, Topas, Flussspath, Aragon, Pleonast, Zirkon, Graphit, Magneteisen und Titanit.

Der Beschreibung der Herrn *Necker de Saussure* und *Hoffmann* nach wird der Tuff, welcher jene Kalksteinblöcke umschliesst, von einer Menge Gänge von leuzitischer Lava durchsetzt, die sich auf die mannichfaltigste Weise schaaren und kreuzen. Zwar unterscheiden sie sich sehr bedeutend von dem Nebengestein, sind aber an manchen Punkten sehr fest mit demselben verwachsen und in diesen Punkten scheint auch die Bildung jener zahlreichen Mineralien konzentriert gewesen sein zu sein.

Früher, wo man den Idokras nur aus dem Vorkommen am Vesur und einigen andern Punkten und zwar stets nur im krySTALLISIRTEN Zustande kannte, hatte derselbe auch nur mineralogische Bedeutung. Aber Herr *Cordier* fand ihn auf dem *Pic d'Arbison* und *Pic d'Espade* in den Hochphyrenäen, in dichten Zustand mit dichtem Granat und blaulichem körnigen Kalkstein zusammen, womit er in dünnen Lagen wechselte, die aber so häufig wiederkehren, dass sie eine ganze, mächtige Ablagerung bilden. Weil man es aber damals noch für unmöglich hielt, dass Idokras eine ganze Gesteinsablagerung konstituieren könne, so erklärte man jenes Vorkommen für ein unbestimmbares, und war solches allen Geognosten nur unter dem Namen „Trapp“ bekannt, der allerdings sehr bequem war, nichts desto weniger aber gar nichts sagte. Kurz und gut, das Auftreten des Idokrases als Gestein wurde für die Geologie von Wichtigkeit, weil man daraus unmittelbar auf die Rolle desselben bei geologischen Prozessen schliessen konnte.

Später beobachteten die Herrn *Sedgwick* und *Harriman*, die sich schon mehr mit dem Metamorphismus befreundeten, die Entwicklung von grünem und blaulichem Granat im Kontakt von Gliedern der Steinkohlenformation mit Dolerit, bei *Falconclint* in *Northumberland*. Dort ist der Schiefer und der Sandstein gefrittet und gebrannt; der Kalkstein hat körnige Textur angenommen, enthält aber hier und da noch erhaltene Ueberreste seiner bezeichnendsten Versteinerungen. An einem Punkte endlich, wo er sich dem Dolerit mehr nähert, ist er

durch und durch mit einer grünen, krystallinischen Substanz durchzogen, die in den Blasenräumen sich in olivengrünen bis braunen Krystallen mit rhomboidalen Flächen ausgeschieden hat und daher als Granat nicht zu verkennen ist. In einem sehr porösen und Granathaltigen Bruchstück von Kohlenkalkstein fand man auch eine dort sehr häufig vorkommende *Madrepora*, so dass über die Entstehung des Granates, wie des Idokrases gar kein Zweifel mehr obwalten kann.

In dem krystallinischen Kalkstein von *Martigny* bildet der Granat unregelmässige Bänderungen; jedoch lässt er sich hier nur unsicher bestimmen, weil er nur im dichten oder höchstens körnigen Zustande darin auftritt; ich bestimmte ihn als solchen nach einem Krystallfragmente, welches ich in einem Blasenraume fand und das allerdings mit der gewöhnlichen Krystallform des Granates durchaus nicht übereinstimmt. Uebrigens ist es gar nichts Unmögliches, dass sich Granat und Idokras, wie an anderen Punkten, so auch hier gleichzeitig bildeten.

Die schönen Idokrase von *Predazzo*, *Monzoni* und aus dem Thale von *San-Pellegrin* findet man im Contact von Kalkstein und Syenit, allein oder mit Batrachyt, Malakolith, Gehlenit und Pleonast zusammen. Da aber über diese Vorkommnisse eine spezielle Beschreibung nicht vorliegt, so muss ich mich mit dieser Andeutung begnügen. Dass übrigens die Vergesellschaftung von krystallinischem Kalkstein und Idokras gar nicht so selten ist, geht aus folgendem Verzeichniss der Fundorte desselben hervor, welches ich aus dem nützlichen: „Handbuch der mineralogischen Topographie von Gustav Leonhard“ entnehme:

Insel Skey und *Broadfort*; Idokras mit Trapp und Kalkstein zusammen;

Schwarzenberg in Sachsen, auf der Grube *Magdeburger Glück*; Idokras, porphyrartig in körnigem Kalkstein, umschliesst einen Kern von demselben Kalkstein;

Haslau, in NO. von *Eger* in Böhmen, Idokras mit sehr kleinen Periklinkrystallen in den Drusenräumen von körnigem Kalkstein;

Auerbach an der Bergstrasse; Idokras in schönen Krystallen mit Wollastonit und Granat zusammen in körnigem Kalkstein, welcher Gangartige Lagerstätten im Gneiss bildet.

Frugard in *Finland*, Idokras mit *Wernerit*, *Malakolith*, *Augit* und *Sphen* zusammen, porphyrartig in körnigem Kalkstein ;

Dazio-Grande im *Canton Tessin*, Idokras auf einem Dolomitgang ;

Lokana in *Piemont*, grosse dunkelrothe Idokraskrystalle mit Kalkspath, *Apatit*, *Augit* und *Talk* vergesellschaftet ;

Francklin und *Amity* in den Vereinigten Staaten, Idokras in schönen Krystallen mit *Augit* zusammen, porphyrartig in körnigem Kalkstein eingewachsen.

Obwohl man solcher Beispiele noch viele anführen könnte, wenn man den Granat mit zuziehen wollte, so geht doch schon aus diesen so viel hervor, dass die Bildung dieser Mineralien unter den erwähnten geologischen Verhältnissen sehr leicht erfolgen konnte und dass sich darauf recht wohl ein allgemeines Gesetz begründen lässt. Das Vorkommen bei *Martigny* verdient auch in dieser Hinsicht um so mehr Aufmerksamkeit, als hier zugleich der Metamorphismus mit im Spiele ist.

Bisher haben wir die Bildung von Granat und Idokras nur unter den einfachsten Verhältnissen kennen gelernt; da aber einmal alle geognostischen Untersuchungen hauptsächlich auf die Aufsuchung metallischer Lagerstätten hinauslaufen, so bleibt uns nun noch der Zusammenhang zu erörtern übrig, in welchem solche mit dem fraglichen Metamorphismus stehen. Bekanntlich führen Gesteine heissflüssiger Entstehung sehr häufig Metalle mit sich, die sich längs des Contactes mit den Sedimentärgesteinen abgesetzt haben. Diese metallischen Niederschläge, welche selbst auch eine hohe Temperatur mitbrachten, können in manchen Fällen chemische Reaktionen hervorgebracht haben, deren Produkte allerdings von der Natur ihrer Grundbestandtheile abhängen. Wir beschränken uns hier wesentlich auf die minder komplizirten, und den obigen mehr analogen Fälle dieser Art.

Wir setzen zugleich voraus, dass metallische Substanzen, deren Menge zu unbedeutend war, um eine stetige Ablagerung bilden zu können, in der Contactzone zweier Gesteine abgesetzt wurden, und dass solche hauptsächlich aus Schwefelmetallen bestanden.

Offenbar konnte das Vorhandensein dieser Sulfurete kein Hinderniss, weder für die Schmelzung des Kalksteins, noch für eine Verbindung seiner Bestandtheile mit denen des Eruptivgesteins, abgeben. Ja, in chemischer Beziehung sind sie sogar ohne allen und jeden Einfluss, da Schwefelmetalle keinerlei Verwandtschaft zu den erdigen Bestandtheilen jener Gesteine besitzen; ausserdem ist auch ein dichter Kalkstein einer innigen Imprägnation mit Metallen, wie solche wohl in dem Anthrazitführenden Sandstein von *Macôt* und in dem Thonschiefer von *Chessy* durch die Capillarattraktion ermöglicht wurde, gänzlich unzugänglich. Die Schwefelmetalle mussten vielmehr, da sie nirgends ein Anhalten besaßen, an dem Punkte bleiben, wo der Zufall sie hingeworfen, oder aber sie nahmen wirklich eine andere Stellung ein, und dann war diess nur die Folge molekularer Wanderungen, welche durch die in ihrer Nähe vorgehenden chemischen Reaktionen bedingt wurden. Die natürliche Folge dieser gänzlichen Passivität war, dass sie sich in isolirten Krystallen, oder nieren- und nesterweise, kurz in höchst verschiedenen Formen ausscheiden mussten; so wie sich auch das Lagerungsverhältniss der von ihnen gebildeten Lagerstätten lediglich auf eine Anlagerung an die Kontaktzonen beschränken musste. Demgemäss bilden sie wirkliche Lager, wenn der Kalkstein selbst über dem Eruptivgestein liegt; wo dagegen das letztere über den Kalkstein hinweggeschoben ist, nehmen sie den zwischen beiden befindlichen Zwischenraum ein und bilden so eine mehr oder weniger zusammenhängende Schicht; sie bilden endlich wirkliche Gänge im Kalkstein, wenn derselbe aufgerissen wurde und die eruptive Masse sich in die Spalte hineinzwängte.

Jedenfalls ist ein Theil ihrer Gangauffüllung das Produkt des heissflüssigen Zustandes und chemischer Reaktionen; aus demselben Grunde sind sie auch mit den Wänden der Spalten oft sehr innig verflösst. Diesen metamorphischen Zonen geht dann auch der Bergmann bei der Gewinnung der unterirdischen Schätze nach, die oft genug grade da sich auskeilen, wo er sich zu den glänzendsten Hoffnungen berechtigt glaubte.

Für die Bemerkungen, die ich im Vorhergehenden so eben

ausgesprochen, will ich nun noch einige erläuternde Beispiele anführen.

Nach Berichten des Herrn *Boué* und anderer Geognosten setzen im Banat im Glimmerschiefer, Gneiss und dichtem Kalkstein Syenitgänge auf, die den letzteren in ihrem Kontakt körnig gemacht und mit ergiebigen Erznestern angereichert haben.

In *Orawitza* finden sich die Erzmittel sowohl im Syenit, als im Kalkstein; in ersterem trifft man Spiessglanzerz, Kupferkies, Arsenkies, gediegen Gold in Haarform oder geästelt, Bleiglanz, Kalkspath und Speckstein; in dem körnigen Kalkstein aber Buntkupfererz, Kupferkies, blättrige Blende, Bleiglanz und als Gangart Apophyllit, Grammatit, Hornblende, Quarz, Epidot, grünen Granat in ausgezeichneten Krystallen und Idokras; letzterer bildet in einem bläulichen Kalkschiefer grünlichgelbe, undurchsichtige, krystallinische Partien, die man anfangs für Granat gehalten hatte, welchen Irrthum Herr Ritter von *Schreibers*, Direktor des k. k. Museums zu Wien, berichtigte. Jene Lagerstätte führt ausserdem noch gediegen Arsen, Kupfernickel, Speiskobalt und Molybdänglanz in einem Gemenge von Quarz und Granat.

In *Scaszká* führt der körnige Kalkstein Fahlerz, Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz, gediegen Kupfer, Rothkupfererz, Bleiglanz mit aufsitzendem Flussspath, Weissbleierz in grossen Nieren, grünen Granat, derben und krystallisirten Epidot, Wollastonit, Grammatit, Speckstein, Quarz und Kalkspath.

In *Moldawa* führen die Gänge, welche in Kalkstein und Glimmerschiefer aufsetzen, Realgar, Auripigment, gediegen Kupfer, Kupferkies, Kupferglanz, Kupferlasur, Malachit, Rothkupfererz, Weissbleierz, Brauneisenstein, Stilbit, Schwerspath und Quarz, hier und da mit aufsitzendem Flussspath. Leider finden sich keine näheren Nachrichten über das Vorkommen von Erz- und Gangarten an den Punkten, wo die Gänge im Glimmerschiefer auftreten, und wo sie in den Kalkstein hineinsetzen; denn in der Regel findet man da, wo wesentlich chemische Vorgänge gewirkt haben, besondere Anhäufungen, die dem Einflusse des Nebengesteins zuzuschreiben sind. Auffallend

ist es auch, dass man in den Moldawaer Lagerstätten so ausserordentlich wenig Silikate antrifft, während sie in *Orawitza* und *Scaszka* so häufig sind, welcher Umstand wohl den stattgefundenen überwiegenden Einfluss des Glimmerschiefers anzudeuten scheint.

In *Dognacska* treten ähnliche Lagerstätten mit Blende, Buntkupfererz, Kupferkies, Bleiglanz (in schönen Combinationen des Hexaëders mit dem Oktaëder) und Magneteisenstein, zusammen mit schönem, weissen Grammatit, Strahlstein, Granat und Quarz, auf.

Im Gegensatz zu diesen reichen Erzmitteln wollen wir jetzt ein Beispiel von einer armen Lagerstätte vornehmen, die in den Steinbrüchen bei dem Kloster *Rilo* in der Türkei aufsetzt; wir entnehmen dieses Beispiel aus der Reisebeschreibung (1836 und 38) der Herrn *Viquesnel* und *Boué*, die einen sehr ausführlichen Bericht darüber enthält; auch hat mir Herr *Viquesnel* die von diesem, für die Theorie der metamorphosirenden Gänge sehr wichtigen Fundorte mitgebrachten Belegstücke zu meiner Disposition gestellt.

Im Rilothal enthält der häufig granitische Gneiss Einlagerungen von weissem oder graulichen, körnigen Kalkstein; das ganze Gebirge ist von granitischen Gesteinen durchbrochen, die nicht selten in Hornblendegesteine, Diorit oder Syenit übergehen. Hierunter finden sich Gesteine, die, wie bei *Martigny*, fast ganz aus Felsit bestehen und eine Art feinkörnigen Quarzreichen, bald mit Glimmer, bald mit Talk gemengten Pegmatit oder Granit konstituieren; andere Varietäten enthalten Partieen von Amphibol und von reinem, blättrigen oder mehr körnigen Felsit. Alle diese felsitischen oder augitischen Gesteinsvarietäten gehören daher offenbar einer und derselben Gruppe von Eruptivgesteinen an.

Da, wo der Pegmatit mit dem Kalkstein sich im Contact befindet, trifft man auf weissen, körnigblättrigen Marmor, gemengt mit Amethyst oder graulichem Milchquarz, grünem, körnigen Pyroxen, Amphibol, schön grünem Epidot, weissem, seidenartig fasrigen Wollastonit, Idokras und durchsichtigem, karmoisinrothen oder gelblichen Granat mit muschligem Bruch.

In diesem Gemenge liegen hier und da, leider sehr sparsam,

grosse Würfel von Eisenkies, Kupferkies und fein eingesprengter Bleiglanz, der die Lagerstätte noch etwas bauwürdig macht.

Die oben erwähnten Mineralien bilden hier und da Drusen und unregelmässige Zusammenhäufungen; zuweilen liegen sie alternirend bandartig, aber regellos neben einander. In einem Stücke des Herrn *Viquesnel* fand ich Körner von grünem Pyroxen in der mit dem weissen, blättrigen Felsit innig verwachsenen metamorphischen Gesteinsmasse eingeschlossen; der Kalkstein seiner Seits ist ebenfalls weiss und blättrig, unterscheidet sich vom dem Felsit aber sogleich durch seine geringere Härte. Zwischen beiden inne liegen zwei Streifen, wovon der eine aus röthlichem glasigen Quarz mit etwas Felsit, der andere aus durchsichtigem orangerothern Granat mit opalartigem Brüche besteht. Der Wollastonit findet sich in der Regel in strahlenförmigen Krystallen auf der Oberfläche des Idokrases oder des derben Granats, der sich mit dem Kalkstein im Contact befindet. Der Quarz scheint mehr Inklinasion zu dem felsitischen Gestein zu besitzen und kann daher fast als eine blossse Sekretion aus demselben angesehen werden.

Auf einem anderen, *circa* 6 Centimeter langen Stücke lagen die Mineralien in folgender Ordnung neben einander: Körniger Kalkstein, — Granat, — graulicher, halb durchsichtiger Quarz mit Knoten von Epidot; — orangerother Granat, — körniger Kalkstein. Diese Aufeinanderfolge ist deshalb bemerkenswerth, weil daraus die Abhängigkeit hervorgeht, in der eine alternirende Anordnung der Gemengtheile zu den Krystallisationserscheinungen steht; und weil man daraus zugleich ersehen kann, wie trügerisch die Schlüsse sind, die man daraus in Bezug auf die Bildung von Erzlagerstätten durch successive Ablagerung hat ziehen wollen.

Ich könnte hier zwar noch einige Erzlagerstätten in Mähren, Schweden, Toskana und den Alpen als Beispiele der Entwicklung des Metamorphismus in Erz- und Gangarten zitiren, muss mich aber mit den bereits aufgeführten begnügen und es dem Bergmann überlassen, sie weiter zu vervollständigen. Vielleicht könnte es scheinen, als ob ich für eine scheinbar so unbedeutende Erscheinung mich von dem Strome meiner Betracht-

tungen schon zu weit habe fortreissen lassen; allein, abgesehen davon, dass es mir nicht unpassend schien, durch blosse Aneinanderreihung von Thatsachen vom den einfachen zu den zusammengesetzteren überzugehn, erachtete ich es auch noch für nöthig, den Einfluss des Nebengesteins auf die Ausfüllungsmasse mancher injizirter Gänge näher nachzuweisen, um so mehr, als ich diesen Theil der Gangtheorie in meinen früheren Abhandlungen zu wenig Ausführlichkeit gewidmet habe, worauf mich auch Herr von *Beust*, königl. sächsischer Berghauptmann, aufmerksam machte. Eine so richtige Bemerkung, die noch dazu von einem Manne ausging, der die Erzlagerstätten vom theoretischen und praktischen Gesichtspunkte aus anzusehen gewohnt ist, verdiente meine volle Berücksichtigung und ich freue mich, eine so glückliche Gelegenheit gefunden zu haben, um meinen Ansichten in dieser Beziehung mehr Bestimmtheit und Genauigkeit geben zu können. —

§. 25. Um die Betrachtungen über die sämmtlichen metamorphischen Erscheinungen in den Umgebungen von *Martigny* schliessen zu können, bleibt mir noch Einiges über deren Ausdehnung zu sagen übrig. Jene Erscheinungen wiederholen sich allerdings mit mancherlei Verwickelungen auf die ganze Erstreckung eines Gebirgszuges, der bis in das Thal *Godemard* fortsetzt, und auf der geologischen Karte von Frankreich als aus krystallinischen Schiefergesteinen bestehend verzeichnet ist. Indess findet man überall, in der *Tarentaise*, in der *Maurienne* und im *Oisans* hier und da Einlagerungen von Schiefern und Sandsteinen, die der Einwirkung eruptiver Gangmassen, bestehen sie nun aus Protogin, Diorit oder anderen felsitischen Gesteinen, entgangen sein müssen; der Sandstein von *Pissevache*, der Schiefer von *Cevins* und der Anthrazit von *Chalanches* sind um so interessantere Belege hierzu, als sie einer Trennung der jurassisch - alpinischen Ablagerungen von einem grossen Theile dieser krystallinischen Gesteine gradezu widerstreiten.

Wenn ich auch hierin die Ansichten anderer Geognosten theile, die mit diesem Gebirge hinlänglich vertraut sind, so konnte es mich doch nicht so, wie jene, in Erstaunen setzen, in geringer Entfernung von diesem Gebirge jurassische Felsen

anstehen zu sehen, die aller dieser Anomalien entbehrten. Um jene Wirkungen, auf die wir im Vorstehenden unser hauptsächlichstes Augenmerk gerichtet haben, hervorzubringen, war nichts weniger, als die Nachbarschaft einer grossen Anzahl von Gängen erforderlich. Diese durchdrangen natürlich vorzugsweise die tieferen Gebirgsschichten; noch mehr, sie trafen auf Schiefergesteine von sehr bedeutender Mächtigkeit, die dem Eindringen der Gänge einen hinreichenden Widerstand nicht entgegenstellen konnten; hier musste also auch ganz vorzüglich sich ihr Einfluss äussern. Gegentheils widerstanden Lagen von dichtem und derbem Kalkstein und Conglomerat der äussersten Vertheilung heissflüssiger Massen; sie behielten daher auch meist ihren ursprünglichen Charakter bei und schützten zugleich die über ihnen liegenden Schichten.

Gleich wohl drangen, wer weiss durch welches Zusammenreffen von Umständen, manche Gänge weiter in die Schichtgesteine hinein und erzeugten daher in denselben auf ihre ganze Ausdehnung sehr verschiedenartige Modifikationen. Zuweilen sind, wie z. B. auf der Grube *la Gardette*, selbst die obersten Kalksteinschichten metamorphosirt, manchmal aber auch, wie bei *Martigny* trennt sie eine schwache Lage grauen Schiefers von dem Hornsteinartigen Thermanit. Am Engpass von *Madeleine* hat diese Lage schon eine bedeutende Mächtigkeit gewonnen; bei *Petit-Coeur* befindet sich der Belemnitenschiefer und der Anthrazit nur um einige Fuss von den krystallinischen Schiefergesteinen entfernt; bei *Cevins* und *Pissevache* endlich wechseln stark metamorphosirte und nur wenig modifizierte Schichten mit einander ab. Auch *Saussure* gelangte, als er gegen das Ende seiner rastlosen Laufbahn seine Erfahrungen zusammenzufassen suchte, zu dem kurzen Endresultate: „dass es in den Alpen nichts Constantes gäbe, als ihre Mannichfaltigkeit.“ Damals glaubte man, es sei ein vollkommener Skeptiker aus ihm geworden; nichts weniger als das, war dieser Ausspruch vielmehr ein Einwurf gegen die *Wernersche* Theorie. Auf seinen Reisen fand er an mehr als zwanzig Punkten Gelegenheit, die damals allgemein gültigen Ansichten bündig zu widerlegen; denn die ausserordentliche Einfachheit jener Theoreme macht sie wohl ganz gewöhnlichen Fähigkeiten zugänglich

und geniessbar und kann der geognostischen Constitution mancher Länder wohl angepasst sein; in den Alpen existirt eine solche Einfachheit aber durchaus nicht. Dafür kämpfte *Saussure* und die metamorphische Theorie hat ihn vollkommen in seinem guten Rechte bestätigt.

In der Reihenfolge der Schichtgesteine, wie wir sie im Vorstehenden verfolgt haben, bestehen ganz regellose Schwankungen zwischen den sehr metamorphischen und den fast unverändert gebliebenen Gesteinen, und diese Schwankungen nehmen zu, je mehr man sich dem Heerde der plutonischen Thätigkeit nähert. Hier treten dann Gesteine auf, denen man unmöglich ihre wahre Stellung in der Geognosie anzuweisen im Stande ist. Ueberdiess ist ihre Mächtigkeit, abgerechnet die der darin aufsetzenden Gänge, so bedeutend, dass man wohl mit Recht die Vermuthung hegen kann, ob nicht unter den wirklich jurassischen Bildungen noch andere der Triasgruppe oder selbst noch älteren Gebilden äquivalente Formationsglieder liegen sollten; wenigstens macht mich die schlagende Aehnlichkeit des Sandsteins von *Bout-du-Monde* bei *Allevard* mit dem bunten Sandstein sehr geneigt, das Vorhandensein der Triasgruppe in den Alpen anzunehmen. Die Behauptung, als stehe bei *Bons* auf der *Romanche* ein sehr altes Kohlengebirge an, beruht auf einem, durch einen Bergfall hervorgerufenen Irrthum, wie ich bei einer anderen Gelegenheit nachweisen werde; gleicher Weise verhält es sich mit dem Gestein bei *la Mure*. Endlich sind alle späteren Bildungen auf einem Urglimmerschiefer abgelagert worden, welcher dem auf dem italienischen Gebirgsabfall entspricht; da dieser aber selbst metamorphisch ist, so lässt sich auch zwischen beiden Ablagerungen für jetzt keine bestimmte Grenze ziehen und es bleibt nichts übrig, als die Auflösung dieser Wirren recht zahlreichen Untersuchungen und einer glücklichen Entdeckung zu überlassen. —

Das sind die Ergebnisse meiner langwierigen Untersuchungen der krystallinischen Schiefergesteine auf die Erlängung von der *Romanche* bis zur *Rhône*. Ein eben so mächtiges, krystallinisches Schieferterrain aber dehnt sich vom *St. Gotthard* nach dem *Mont Cervin* und von da bis zum grossen *St. Bernhard* und *Monte Viso* aus. In diesem Gebirge, welches durch die

Studien von Männern, wie *Studer, v. Buch, v. Charpentier, Escher von Linth, Lard, Saussure, Elie de Beaumont* und *Sismonda* klassisch geworden ist, tritt der Metamorphismus in einer solchen Ausdehnung entwickelt auf, dass man, wollte man diese Entwicklung recht anschaulich machen, die Gebirgsmetamorphose zwischen *Wallis* und *Oisans* so zu sagen verzehnfachen müsste. Wer möchte es noch ableugnen wollen, dass die Ablagerungen dort dieselben sind, wie auf dem französischen Abfall des Gebirges; der Belemnitenkalk von *Nuffen*, der Schiefer der *Furka*, die mitten im Gneiss eingeschlossen sind, beweisen es zu deutlich und ausserdem müssten schon die stätigen Lagerungsverhältnisse beider die Vermuthung der Identität derselben zur Gewissheit erheben.

Auf den ersten Anblick könnte es wohl scheinen, als ob grade die Mächtigkeit dieser Formation meiner Ansicht gradezu widerspräche. Dieser nach ist, wie man wissen wird, die Nähe einer heissflüssigen Gangmasse erforderlich, um die Bedingungen einer Metamorphose, hohe Temperatur und Materialien, herbeizuführen; nach Anderer Meinung erscheint es viel einfacher, einen Strom heisser Gase die Umwandlung der Gesteine bewirken zu lassen. Allein, die Wirkung von Dämpfen in den alpinischen Gesteinen ist eine bekanntermassen ganz andere; aus den Gypshöhlen und Corgneulen, wahren Skeletten verschiedener Kieselgesteine, lässt sich ihre schweflige Natur, ihre chemische Rolle und der Weg, den sie genommen, beurtheilen. Nun, von etwas dem nur im entferntesten Aehnlichen findet man weder in den Chlorit, Glimmer, Hornblende, Staurolith und Granat führenden Schiefen, noch in dem krystallinischen Kalkstein oder Dolomit eine Spur. Alle diese Gesteine überlagern einander meist in der grössten Regelmässigkeit, während mit Schwefeldämpfen durchdrungene Gesteine aufgetrieben sind und in ihrem ganzen Umfange eine gestörte Lagerung zeigen.

Wenn also auch andere Gase, mögen sie sein, welche sie wollen, eine gewisse Rolle in den Alpen gespielt haben, so liegt diess wenigstens ausser dem Bereich aller Analogie und deshalb ist es unstatthaft, Gasströmungen hier zur Erklärung zu Hülfe zu nehmen.

Dagegen liegt die grösste Schwierigkeit der Erklärung dieser wichtigen Phänomene durch eine von plutonischen Gesteinen ausgegangene Hitzewirkung in dem Mangel aller dazu nöthigen materiellen Hilfsmittel. Man besitzt weder eine Karte, noch einen Profilriss, worin jene Gänge so verzeichnet wären, dass sie sich von den metamorphischen Gesteinen leicht unterscheiden liessen. Bei einer künftigen Sonderung des Materials, welches man bis jetzt zusammen getragen hat, wird man hauptsächlich drei Abtheilungen des Alpengebirges im Auge zu behalten haben:

- 1) die Eruptivgesteine;
- 2) die sehr veränderten Sedimentärgesteine; und
- 3) die nur unbedeutend modifizirten Gebirgsschichten.

In einem Durchschnitt durch den Simplon hätte man daher zuvörderst die grosse Granitmasse zu verzeichnen, die in den wilden Engpässen von *Iselle* auftritt, das Flötzgebirge durchbrochen und dessen Schichten nach zwei entgegengesetzten Seiten aufgerichtet hat, in der Maasse, dass sie auf der einen Seite nach der Rhone, auf der andern nach der *Toccia* hin einschiessen. Zu der erstern gehört der körnige Marmor von *Crevola*, zu der andern der von *Guntz* und vom *Simplonhospiz*, überall aber ist dieser Kalkstein ein Theil des vorherrschenden, stark metamorphosirten Schiefergebietes. Der Gebirgstheil, welcher nach der *Toccia* hin abfällt, wird plötzlich von dem breiten Becken dieses Baches unterbrochen, und ist daher zu unbedeutend, um bezüglich des Metamorphismus weitere Erwähnung zu verdienen. Der andere ist gegentheils ganz besonders bemerkenswerth, weil da der Metamorphismus in den verschiedensten Abstufungen seiner Wirksamkeit sich entwickelt hat.

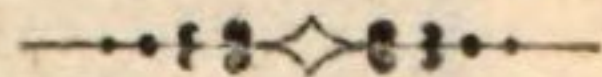
Sucht man von hier aus die *resp.* Grenzen auf, so erreicht man zuerst nach *Guntz* hin die Endschaft des Granites, an den sich das krystallinische Schiefergebiet anschliesst; dieses steht auf dem ganzen Durchschnitt des Simplon an und erstreckt sich bis nach *Bérival*, wo das enge Thal der *Ganther* die Grenze zwischen ihm und den Normalgesteinen bildet, die nach *Brigg* hin einschiessen und in dem Rhonebassin ihre Endschaft erreichen. Ausser diesen Hauptgruppen der Gesteine und der

Hauptgangeruption treten nun noch die untergeordneten Quarz-Granit- und Serpentingänge hinzu, die hier und da die Schiefer vereinzelt durchsetzen. Auf diese Weise bekommt man ein Bild von dem gewaltigen Einflusse, den diese eruptiven Massen ausgeübt haben müssen; ich bin wenigstens von diesem Einflusse um so mehr überzeugt, als ich grade in der Nachbarschaft von untergeordneten Ausläufern von Eruptionen die intensivsten Umwandlungen wahrgenommen habe.

Aus einer gewissen Anzahl ähnlicher Durchschnitte des Gebirges wird man sich vielleicht in der Folge ein treues Bild von Verhältnissen entwerfen können, welche mit denjenigen in Uebereinstimmung treten werden, die ich bei Gelegenheit der Umwandlung der Bitume in Anthrazit (S. §. 14) näher zu untersuchen vorschlug. Auf keinen Fall aber wird man jetzt noch die dichten Kalksteine vom *Mont - Cenis*, *Mont - Tabor* und von *Cogne* mit den körnigen oder körnig-schiefrigen Kalksteinen von *Binnen*, vom *Simplonhospiz* und vom *Cervin* in eine Kategorie stellen. Und dann nur wird man auch über den Einfluss jener Hitzausströmung im Klaren sein, welche die Massen der Alpen durchdrang, als dieses gigantische Gebäude von plutonischen Kräften emporgehoben wurde.

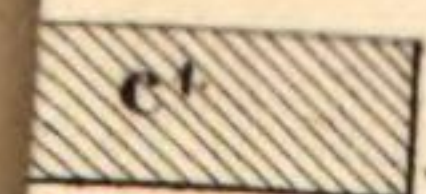
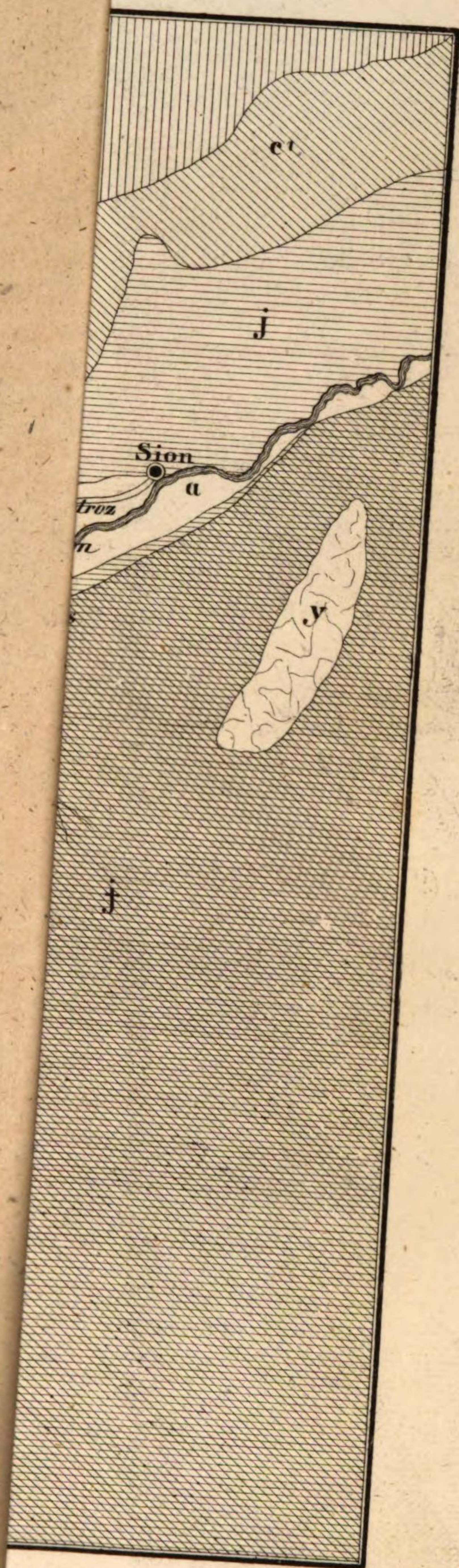
Berichtigungen.

- S. 20. Z. 1. v. o. statt Lehstein l. Lehsten.
- 20. - 9. v. o. - Katron l. Natron.
 - 20. - 1. v. u. - Lehstein l. Lehsten.
 - 21. - 2. v. o. - Lehstein l. Lehsten.
 - 25. - 8. v. u. - von Marienberg l. vom Marienberg.
 - 39. - 11. v. u. - tritt er nicht in l. tritt er in.
 - 40. - 20. v. o. - Nuancirung l. Nüancirung.
 - 48. - 16. v. o. - Schiefer l. Thonschiefer.
 - 48. - 19. v. o. - Thonschiefer l. Schieferthon.
 - 53. - 14. v. u. - Absonderung mit l. Absonderung nicht mit.
 - 54. - 2. v. o. - Schieferungslinie l. Schieferungsebene.
 - 54. - 15. v. u. - Temperatur dabei verträgt l. Temperatur ver-
trägt.
 - 57. - 17. v. u. - man diese ganzen l. man alle diese.
 - 60. - 12. v. u. - Magneten l. Magnet.
 - 60. - 3. v. u. - Krystallchen l. Kryställchen.
 - 61. - 1. v. o. - Krystallchen l. Kryställchen u. statt auf eine
stetige l. auf stetige.
 - 61. - 2. v. o. - Linie l. Linien.
 - 62. - 5. v. o. - mehreren l. mehrerer.
 - 67. - 10. v. u. - Maganox l. Manganoxyd.
 - 68. - 6. v. u. - das l. des.
 - 71. - 10. v. o. - Herr l. Herr v.
 - 72. - 11. v. u. - einziehen l. hineinziehen.
 - 82. - 12. v. o. - Ural l. Urale.
 - Δ 88. - 14. v. o. - Vesur l. Vesuv.



Beobachtungen.

20	1. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
20	1. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
20	1. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
21	2. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
22	3. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
23	4. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
24	5. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
25	6. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
26	7. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
27	8. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
28	9. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
29	10. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
30	11. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
31	12. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
32	13. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
33	14. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
34	15. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
35	16. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
36	17. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
37	18. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
38	19. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
39	20. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
40	21. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
41	22. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
42	23. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
43	24. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
44	25. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
45	26. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
46	27. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
47	28. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
48	29. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
49	30. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
50	31. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
51	32. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
52	33. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
53	34. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
54	35. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
55	36. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
56	37. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
57	38. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
58	39. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
59	40. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
60	41. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
61	42. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
62	43. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
63	44. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
64	45. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
65	46. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
66	47. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
67	48. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
68	49. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
69	50. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
70	51. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
71	52. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
72	53. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
73	54. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
74	55. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
75	56. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
76	57. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
77	58. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
78	59. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
79	60. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
80	61. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
81	62. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
82	63. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
83	64. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
84	65. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
85	66. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
86	67. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
87	68. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
88	69. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
89	70. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
90	71. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
91	72. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
92	73. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
93	74. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
94	75. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
95	76. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
96	77. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
97	78. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
98	79. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
99	80. v. n.	von Marienberg 1. v. n.
100	81. v. n.	von Marienberg 1. v. n.



ocomien.



Krystall.
Gesteine.

8.14

55

71.4

Fournet, J.

Die Metamorphose der Gesteine nachgewiesen in den westlichen Alpen

Freiberg 1847

Lith. 170 o

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10283460-5